

BEST AVAILABLE COPY

특 2001-0041491

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(51) Int. Cl.
G03F 7/20(11) 공개번호 특2001-0041491
(43) 공개일자 2001년05월25일

(21) 출원번호	10-2000-7009659	(87) 국제공개번호	WO 1999/45581
(22) 출원일자	2000년09월01일	(87) 국제공개일자	1999년09월10일
반역문제출일자	2000년09월01일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP1999/00988		
(86) 국제출원출원일자	1999년03월02일		
(81) 지정국	AP ARIPOT특허 : 가나 감비아 케냐 레소토 말라위 수단 스와질랜드 우간다 짐바브웨 시에라리온 EA 유라시아특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 키르기즈 카자흐 스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 투르크메니스탄 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 사이프러스 독일 덴마크 스 페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모 나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴 OA OAPI특허 : 부르키나파소 베냉 중앙아프리카 콩고 코트디부아르 카 메룬 가봉 기네 기네비소 말리 모리타니 니제르 세네갈 차드 토고 국내특허 : 알바니아 오스트레일리아 보스니아-헤르체고비나 바베이도스 불가리아 브라질 캐나다 중국 쿠바 체코 에스토니아 그레나다 그루 지아 크로아티아 헝가리 인도네시아 이스라엘 인도 마이솔란드 일본 대한민국 세인트루시아 스리랑카 라이베리아 리투아니아 라트비아 마 다가스카르 마케도니아 몽고 멕시코 노르웨이 뉴질랜드 폴란드 루마 니아 싱가포르 슬로베니아 슬로바키아 시에라리온 터키 트리니다드 토바고 우크라이나 미국 우즈베키스탄 베트남 유고슬라비아		
(30) 우선권주장	98-66273 1998년03월02일 일본(JP)		
(71) 출원인	가부시기가이샤 니콘 오노 시게오 일본 도쿄도 지요다구 마루노우치 3-2-3 (72) 발명자 오따가자야 일본도쿄도지요다구마루노우치3초메2방3고가부시기가이샤니콘나이 (74) 대리인 특허법인코리아나 박해선, 특허법인코리아나 조영원		

심사청구 : 없음

(54) 노광장치 및 노광방법, 노광장치의 제조방법, 및 디바이스 및 그 제조방법

요약

조명계에 의하여 마스크 (R) 에 대하여 조명광 (EL) 이 경사지게 조사되면, 마스크 (R) 에서 출사된 조명광 (EL) 이 투영광학계 (PO) 에 의하여 기관 (W) 상에 투사되고, 마스크 (R) 의 패턴이 기관 상에 전사된다. 이 전사시에, 투영광학계 (PO) 의 투영배율이 마스크 (R) 의 상하 운동에 의하여 변경되었을 때, 제어장치에서는 공간상 계측기 (FM) 를 사용하여 마스크의 패턴 이미지의 스테이지 (ST) 상에 대한 투영 위치를 검출함과 동시에, 공간상 계측기 (FM) 상의 마크를 마크검출계 (ALG) 를 사용하여 검출함으로써, 마크검출계의 베이스 라인량을 구한다. 이로써, 투영배율의 변경에 수반되는 마스크의 패턴 이미지의 기관 상에 대한 투영 위치의 편차를 보정하여, 투영배율의 변경에 수반되는 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분히 제어할 수 있게 된다.

도표도

도1

명세서

기술분야

본 발명은, 노광장치 및 노광방법, 노광장치의 제조방법, 및 디바이스 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 예를 들어 반도체소자 또는 액정표시소자 등의 회로 디바이스를 리소그래피 공정으로 제조할 때 사용되는 노광장치 및 노광방법, 상기 노광장치의 제조방법, 및 상기 노광장치 및 노광방법을 사용한 디바이스의 제조방법 및 디바이스에 관한 것이다.

배경기술

현재, 반도체 디바이스의 제조현장에서는, 파장 365 nm 의 수은램프의 i 선을 조명광으로 한 고속투영노광장치, 소위 스테퍼를 사용하여 최소 선폭이 0.3 ~ 0.35 μm 정도의 회로 디바이스 (64 M (메가) 비트의 D-RAM 등) 를 양산제조하고 있다. 동시에, 256 M 비트, 1 G (기가) 비트의 D-RAM 트랜스의 집적도를 가지고, 최소 선폭이 0.25 μm 이하인 차세대 회로 디바이스를 양산제조하기 위한 노광장치의 도입이 시작되고 있다.

그 차세대 회로 디바이스 제조용의 노광장치로서, KrF 엑시머레이저 광원에서 나온 파장 248 nm 의 자외 펄스 레이저광, 또는 ArF 엑시머레이저 광원에서 나온 파장 193 nm 의 자외 펄스 레이저광을 조명광으로 하고, 회로패턴이 묘화된 마스크 또는 레티클 (이하, 「레티클」이라고 총칭함) 과 감응기판으로서의 웨이퍼를 고속투영광학계의 투영시야에 대하여 상대적으로 1 차원 주사함으로써, 웨이퍼 상의 하나의 소트 영역 내에 레티클의 패턴 전체를 전사하는 주사노광 동작과 소트간 스테핑 동작을 반복한다. 스텝 앤드 스캔 방식의 주사형 노광장치의 발광이 이루어지고 있다.

그런데, 반도체 디바이스의 집적도는 앞으로 더 고집적화되어, 1 G 비트에서 4 G 비트로 이행할 것이 틀림없고, 그 경우의 디바이스 둘은 0.1 μm 쪽 100 nm/L 정도가 되고, 상기 파장 193 nm 의 자외 펄스 레이저광을 조명광으로 사용하는 노광장치에 의하여, 이에 대응하기 위한 기술적인 과제가 산적해있다. 디바이스 둘 (실용 최소 선폭) 을 나타내는 노광장치의 해상도는, 일반적으로 노광파장 (λ) 과, 투영광학계의 개구수 (N. A.) 를 사용하여 다음 수학적 1 로 표현된다.

$$(해상도) = k \text{참} \lambda / N.A.$$

여기에서, k 는 케이팩터라고 하는 1 이하의 양의 정수이고, 사용되는 레지스트의 특성 등에 따라서 상이하다.

상기 수학적 1 에서 알 수 있듯이, 해상도를 높이기 위해서는, 파장 (λ) 을 작게 하는 것이 매우 유효하므로, 최근 들어 파장 5 ~ 15 nm 의 먼 X 선 영역의 광 (본 명세서에서는, 이 광을 「EUV (Extreme Ultraviolet) 광」이라고도 함) 을 노광광으로 사용하는 EUV 노광장치가 개발되기에 이르렀다. 이러한 EUV 노광장치가 최소 선폭 100 nm 의 차세대대의 노광장치의 유력한 후보로서 주목받고 있다.

EUV 노광장치에서는, 일반적으로 반사형 레티클을 사용하고, 이 반사형 레티클에 조명광을 경사지게 조사하고, 그 레티클 면에서 나온 반사광을 투영광학계를 통하여 웨이퍼 상에 투영함으로써, 레티클 상의 조명광으로 조사된 조명영역내의 패턴이 웨이퍼 상에 전사되도록 되어 있다. 또한, 이 EUV 노광장치에서는, 레티클 상에는 링 형상의 조명영역이 설정되고, 레티클과 웨이퍼를 투영광학계에 대하여 상대주사함으로써 레티클 상의 패턴 전체 면을 투영광학계를 통하여 웨이퍼 상에 순차적으로 전사하는 주사노광방법이 채용되고 있다.

이것은, EUV 노광장치에 사용되는 광의 파장 (5 ~ 15 nm) 에서는, 흡수되지 않고 효율적으로 광을 투과하는 물질이 존재하지 않으므로 필연적으로 반사형 레티클을 사용할 수밖에 없고, 또한 빔스플리터 제조하기도 곤란하므로, 필연적으로 레티클에 대한 조명광은 경사지게 조사하지 않으면 안되기 때문이다.

그래서, 레티클 축이 비-네퍼센트릭으로 되어, 광축을 따른 방향의 레티클의 변위가 웨이퍼 상에서는 링 형상의 노광영역 (레티클 상의 상기 링 형상 조명영역에 대응하는 웨이퍼 상의 영역) 의 긴변 방향에서는 배율변화, 짧은변 방향에서는 위치변화로써 나타난다.

구체적인 수치를 들어 설명하기로 한다. 노광광으로서 파장 13 nm 의 EUV 광을 사용하여 해상도 100 nm/L/S 의 투영광학계를 설계하는 것으로 한다.

상기 수학적 1 은 다음 수학적 2 와 같이 변형시킬 수 있다.

$$N.A. = k \text{참} \lambda / (해상도)$$

만일 k = 0.8 로 하면, 수학적 2 에서, 해상도 100 nm/L/S 를 얻기 위하여 필요한 N.A. 는 N.A. = 0.104 즉 0.1 인 것을 알 수 있다. 물론, 이 N.A. 는 웨이퍼 축에서의 값으로서, 레티클 축의 그것과는 상이하다.

여기에서, 투영광학계의 투영배율을, i 선, g 선, 또는 KrF 엑시머레이저 또는 ArF 엑시머레이저를 노광광으로 사용하는 종래의 원자외선 노광장치 (DUV 노광장치) 에서 일반적으로 사용되는 4:1 로 하면, 웨이퍼 축에서 N.A. 가 0.1 이면 레티클 축은 그 1/4 인 0.025 이다. 이것은 레티클에 조사되는 조명광이 주 광선에 대하여 각도 약 ±25 mrad 의 확산을 가지는 것을 의미한다. 따라서, 입사광과 반사광이 서로 중첩되지 않도록 하기 위해서는 입사각이 최저 25 mrad 이상이 되지 않으면 안되게 된다.

예를 들어, 도 17 에 있어서, 입사각 (θ) (= 출사각 (θ)) 을 50 mrad 로 하면, 레티클 (R) 의 패턴면의 Z 방향의 변위 (이하, 적절히 「레티클의 Z 방향의 변위」라고도 함) (ΔZ) 에 대한 레티클 (R) 에 그려진 회로패턴의 치편차 (ε) 는, 다음 수학적 3 으로 나타내어진다.

$$\epsilon = \Delta Z \cdot \tan \theta$$

이 수식식 3 에서, 예를 들어 레티를 (R) 이 도 17 의 상하방향 (Z 방향) 으로 1 μ m 변위된 경우, 레티를 패턴면에서의 이미지 (像) 의 횡편차는 약 50 nm 가 되고, 웨이퍼 상에서는 그 1/4 인 12.5 nm 의 상 시프트가 발생하는 것을 알 수 있다. 디바이스 룰이 100 nm/L/S 인 반도체 프로세스에서 허용할 수 있는 오버레이 오차 (중첩 오차) 는 30 nm 이하이나, 레티들의 Z 방향의 변위만으로 12.5 nm 이상이 되는 오버레이 오차가 발생하는 것은 매우 엄격하다고 할 수 있다. 즉, 오버레이 오차는 그 밖의 원인, 레티를과 웨이퍼의 위치정합 정밀도 (알라인먼트 정밀도) 또는 소위 스테핑 정밀도를 포함하는 웨이퍼 스테이지의 위치결정 정밀도 또는 투영광학계의 디스토션 등에 의하여 각각 10 nm 정도 발생할 수 있기 때문이다.

그런데, 전술한 바와 같이, EUV 노광장치에 사용되는 광의 파장 (5 ~ 15 nm) 에서는, 흡수되지 않고 효율적으로 광을 투과하는 물질이 존재하지 않으므로, 필연적으로 투영광학계는 여러 장의 미러 (반사광학소자) 만으로 구성되는 홀 반사광학계를 사용할 수밖에 없다. 그래서 투영배율을 제어하기 곤란해진다 는 생산성 문제가 발생된다.

즉, 종래의 KrF 엑시머레이저 등을 광원으로 하는 원자외선 노광장치 (DUV 노광장치) 에서는 투영배율을 제어하기 위하여, ① 렌즈간격의 변경 또는 ② 렌즈간에 형성된 밀폐실의 기압을 변경하는 수법이 일반적으로 채용되고 있으나, 렌즈간격과 마찬가지로 미러간격 또는 미러의 곡률을 변경하여 투영배율을 제어하는 것은 현실적으로 용이하지 않고, 또한 EUV 광은 기체에 의해서도 흡수되므로 그 광로는 모두 진공으로 하지 않으면 안되고, 투영광학계의 내부의 기압변경이라는 수법을 채용할 수 없기 때문이다.

EUV 노광장치에서의 투영배율의 제어방법으로서 유력한 선택 방법의 하나는, 전술한 광축을 따른 방향의 레티들의 변위가 웨이퍼 상에서는 링 상의 노광영역의 긴변 방향으로 배율변화로 나타나는 현상을 이용 하는 것, 즉 레티를을 투영광학계의 광축방향으로 의식적으로 변위시켜 투영배율을 제어하는 수법이다.

예를 들어, 전술한 도 17 의 예에서는, 레티를 축의 광축의 기울기가 50 mrad 이므로, 링 필드 (링 형상 조영영역) 의 반경이 예를 들어 레티를 축에서 200 mm 이면, 레티를 (R) 이 투영광학계에서 1 μ m 떨어진 경우, 링 필드의 반경은 (200 mm + 50 nm) 가 된다. 즉, 웨이퍼 상에 투영된 레티를 이미지 (패턴 이미지) 는, $(50 \times 10^{-3}) / (200 \times 10^{-3}) = 0.25 \times 10^{-3} = 0.25$ ppm 확대된다. 레티를 (R) 이 투영광학계에 근접하면 반대로 축소된다.

게다가, 웨이퍼는 몇 홀이나 되는 프로세스를 거침으로써, 원래의 크기에 비하여 10 ppm 이상이나 확대되거나 축소되는 것으로 알려져 있다. 상기 예에서는, 10 ppm 의 배율제어를 하기 위하여 레티를 (R) 을 Z 방향으로 $10 \div 0.25 \times 1 = 40 \mu$ m 상하시키지 않으면 안 된다. 그러나 문제가 되는 것은, 40 μ m 의 레티를 상하 운동에 의하여 투영배율을 10 ppm 제어하면, 레티들의 변위는 웨이퍼 상에서 링 형상의 노광영역에 투영되는 레티를 이미지와 긴변 방향 (비주사방향) 으로 10 ppm 신축될 뿐만 아니라, 짧은변 방향 (주사방향) 으로 $40 \times 12.5 = 500$ nm 의 위치변화, 즉 횡편차 (상 시프트) 로서 나타나는 것이다. 선폭 100 nm 의 리소그래피에서는, 토탈 오버레이로서 선폭의 약 1/3, 30 nm 가 요구되므로, 배율제어에 의하여 상이 500 nm 편차나는 것은 결코 허용되지 않는다.

이러한 사정에 의하여, EUV 노광장치 등의 레티를 축이 비-텔레센트릭인 광학계를 채용하는 노광장치에 있어서는, 투영배율의 변경에 따른 오버레이 오차를 확실하게 저감시킬 수 있는 신기술의 개발이 현재의 급선무로 되어있다.

본 발명은, 이러한 상황하에서 이루어진 것으로서, 그 제 1 의 목적은 투영광학계의 결상특성 (배율 등) 을 포함하는 광학특성의 조정 (또는 변경) 에 기인하는 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분히 억제할 수 있는 노광장치를 제공하는 데 있다.

또한, 본 발명의 제 2 의 목적은, 투영광학계의 결상특성 (배율 등) 을 포함하는 광학특성의 조정 (또는 변경) 에 기인하는 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분히 억제할 수 있는 노광방법을 제공하는 데 있다.

본 발명의 상세한 설명

본 발명은, 제 1 관점에서 보면, 마스크 (R) 의 패턴을 기관 (W) 상에 전사하는 노광장치로서, 상기 마스크에 노광용 조영광 (EL) 을 조사하는 조영계 (12, M, 44) 와; 상기 마스크에서 출사된 상기 노광용 조영광을 상기 기관 상에 투사하는 투영광학계 (P0) 와; 상기 투영광학계의 투영배율을 변경하는 배율변경장치 (RIFZ, 43, 80) 와; 상기 기관을 유지하는 기관 스테이지 (WST) 와; 상기 기관 스테이지 상에 존재하는 마스크를 검출하는 마스크검출계 (AL6) 와; 상기 마스크 패턴의 상기 기관 상에 전사할 때, 상기 배율변경장치에 의하여 배율이 변경되었을 때, 그 배율변경후에 대응하는 상기 마스크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 마스크 패턴의 투영위치편차를 보정하는 보정장치를 구비한 제 1 의 노광장치이다.

여기에서, 「기관 스테이지 상에 존재하는 마스크」란, 기관 스테이지 자체 위에 형성된 기준 마크 등의 마크뿐만 아니라, 기관 스테이지 상에 놓여진 물체, 예를 들어 기관 상에 형성된 마크까지도 포함한다. 본 명세서에서는, 「기관 스테이지 상에 존재하는 마크」라는 용어를 사용한다.

또한, 마스크검출계의 「베이스 라인량」이란, 통상적인 것과 동일한 의미를 가지고, 구체적으로는, 마스크검출계의 검출 중심과 마스크의 패턴의 기관 스테이지 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계에 관한 정보로서, 예를 들어 기관 스테이지 (기관) 의 위치제어에 사용된다. 본 명세서에 있어서는, 이러한 의미에서 「베이스 라인량」이란 용어를 사용한다.

본 발명에 관계되는 제 1 의 노광장치에 의하면, 조영계에 의하여 마스크에 대하여 노광용 조영광이 조사되면, 마스크에서 출사된 노광용 조영광이 투영광학계에 의하여 기관 상에 투사되고, 노광용 조영광으로 조영된 마스크 상의 영역의 패턴이 기관 상에 전사된다. 이 마스크 패턴의 전사시에, 투영광학계의 투영배율이 배율변경장치에 의하여 변경되었을 때, 보정장치에서는 그 배율변경후에 대응하는 마스크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 마스크 패턴의 투영위치편차를 보정한다. 따라서, 투영배율의 변경에 따른 중첩 정밀도의 열화를 방지하거나 또는 충분히 제어할 수 있게 된다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에서는, 상기 기판 스테이지 (WST) 상에는 특정한 기준 마크를 포함하는 적어도 하나의 기준 마크가 형성되고, 상기 특정한 기준 마크와 상기 마스크의 패턴 이미지의 상기 기판 스테이지 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계를 검출하는 위치검출계 (FM)를 더 구비하고, 상기 보정장치는, 상기 위치검출계를 사용하여 상기 상대위치관계를 검출한 결과와, 상기 마크검출계를 사용하여 상기 기판 스테이지 상의 상기 특정한 기준 마크 및 이 기준 마크의 관계가 기지의 상이한 기준 마크의 한쪽을 검출한 결과에 기초하여, 상기 배율변경후에 대응하는 상기 베이스 라인량을 구하는 제어장치 (80)를 가질 수 있다. 이러한 경우에는, 마스크 패턴의 전사시에, 투영광학계의 투영배율이 배율변경장치에 의하여 변경되었을 때, 보정장치를 구성하는 제어장치에서는, 위치검출계를 사용하여 기판 스테이지 상의 특정한 기준 마크와 마스크의 패턴 이미지의 기판 스테이지 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계를 검출한 결과와, 기판 스테이지 상의 특정한 기준 마크 또는 이것과 상이한 기준 마크 (특정한 기준 마크와의 위치관계는 기지된 것임)를 마크검출계를 사용하여 검출한 결과에 기초하여, 배율변경후에 대응하는 마크검출계의 베이스 라인량, 즉 마스크의 패턴 이미지의 기판 스테이지 상에 대한 투영위치와 마크검출계의 검출 중심과의 위치관계를 구한다. 즉, 보정장치에서는, 배율변경후에 실제로 베이스 라인량을 계속하고, 그 계속결과를 사용하여 투영배율의 변경에 따른 마스크의 패턴 이미지의 기판 상에 대한 투영위치의 위치편차를 보정한다. 따라서, 투영배율의 변경에 따른 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분히 제어할 수 있게 된다.

전술한 바와 같이, 투영배율의 변경후, 실제로 베이스 라인량을 계속하는 경우, 상기 마크검출계 (ALB)는 초점검출계를 가지고, 상기 마크검출계에 의한 상기 기판 스테이지 상에 존재하는 마크의 검출 시에, 상기 초점검출계의 검출결과에 기초하여 상기 마크검출계의 초점위치에 상기 마크가 위치하도록 상기 기판 스테이지 상의 상기 광축방향의 위치를 조정하는 보정장치를 더 구비하는 것이 바람직하다. 이런 경우에는, 베이스 라인량의 계속시에, 기판 스테이지 상의 특정한 기준 마크 또는 이것과 상이한 기준 마크 (특정한 기준 마크와의 위치관계는 기지의 것임)를 마크검출계를 사용하여 검출할 때, 초점검출계의 검출결과에 기초하여 마크검출계의 초점위치에 상기 검출대상인 기준 마크가 위치하도록 조정장치에 의하여 기판 스테이지의 위치를 조정하여 상기 기준 마크를 검출할 수 있다. 따라서, 노광에 앞서 기판의 얼린먼트 계속시에, 상기과 동일하게 마크검출계의 초점위치에 기판을 위치시켜 기판 상의 얼린먼트 마크를 마크검출계에 의하여 검출함으로써, 결과적으로 고정밀도의 기판의 위치제어가 가능해진다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에서는, 상기 기판 스테이지 (WST) 상에는 특정한 기준 마크를 포함하는 적어도 하나의 기준 마크가 형성되고, 상기 특정한 기준 마크와 상기 마스크의 패턴 이미지의 상기 기판 스테이지 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계를 검출하는 위치검출계 (FM)를 더 구비하고, 상기 보정장치는, 상기 위치검출계의 검출결과와, 상기 마크검출계 (AP6)를 사용하여 상기 기판 스테이지 상의 상기 특정한 기준 마크 및 이 기준 마크와의 관계가 기지의 상이한 기준 마크의 한쪽을 검출한 결과에 기초하여 산출된 상기 마크검출계의 베이스 라인량을 미리 기억하는 기억장치 (81)와, 상기 변경된 배율에 따라서 상기 기억장치에 기억된 상기 베이스 라인량을 계산에 의하여 보정하는 계산장치 (80)를 가질 수 있다. 이러한 경우에는, 기억장치에서는, 위치검출계의 검출결과와 마크검출계를 사용하여 기판 스테이지 상의 특정한 기준 마크 및 이 기준 마크와의 관계가 기지의 상이한 기준 마크의 한쪽을 검출한 결과에 기초하여 산출된 베이스 라인량이 미리 기억되어 있다. 그리고, 마스크 패턴의 전사시에, 투영광학계의 투영배율이 배율변경장치에 의하여 변경되었을 때, 보정장치를 구성하는 계산장치에서는, 배율변경장치에 의하여 변경된 배율에 따라서 기억장치 내에 기억되어 있는 베이스 라인량을 계산함으로써 보정한다. 이 베이스 라인량의 보정은, 예를 들어 배율변경장치의 제어량과 기판 상에서의 마스크 패턴 이미지의 위치편차량의 관계에 기초하여 이루어진다. 이렇게, 본 발명에 의하면, 실제의 베이스 라인 계속를 미리 행하고, 그 결과를 기억장치에 기억시켜 두는 것만으로, 배율변경시에는 계산만으로 투영배율의 변경에 따른 마스크의 패턴 이미지의 기판 상에 대한 투영위치의 위치편차를 보정할 수 있게 된다. 따라서, 투영배율의 변경에 따른 중첩 정밀도의 열화를 방지하거나 또는 충분히 억제할 수 있고, 게다가 스프루트도 향상할 수 있다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에서는 배율변경장치에 의하여 투영배율이 변경되었을 때, 실제로 마크검출계의 베이스 라인량을 계속하는 경우, 또는 계산에 의하여 미리 베이스 라인량을 계산하여 보정함으로써 투영배율변경후에 대응하는 베이스 라인량을 구하는 어떠한 경우에도, 상기 노광용 조명광 (EL)이 면 X선 영역의 광인 경우에는, 상기 위치검출계는 상기 기판 스테이지 (WST) 상에 형성되고, 형광발생물질 (63)과, 이 표면에 상기 노광용 조명광의 반사층 (64) 및 흡수층의 일방으로 이루어지는 박막에 의하여 형성된 상기 특정한 기준 마크를 겸한 개구 (SLT1, SLT2)와, 상기 개구를 통하여 상기 노광용 조명광이 상기 형광발생물질에 도달했을 때, 상기 형광발생물질이 발하는 광을 광전변환하는 광전변환소자 (PM)를 가지는 공간상 계속기 (FM)인 것이 바람직하다. 이러한 경우에는, 전술한 바와 같이 통상적으로 면 X선 영역의 광을 투과하는 물질은 존재하지 않음에도 불구하고, 이러한 광을 노광용 조명광으로서 사용하는 경우에도, 그 위치검출계, 즉 공간상 계속기에 의하여 그 노광용 조명광을 사용하여 공간상 계속이 가능해진다. 따라서, 이 위치검출계를 사용하여 기판 스테이지 상의 특정한 기준 마크 (상기 개구)와 마스크의 패턴 이미지의 기판 스테이지 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계를 용이하게 검출할 수 있다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에서는, 투영배율의 변경방법은 여러 가지로 생각할 수 있다. 예를 들어, 배율변경장치는, 상기 마스크를 상기 투영광학계의 광축방향으로 구동시키는 장치에 의하여 구성할 수 있다. 물체면 측 (마스크 측)이 비-텔레센트릭 투영광학계인 경우에는 물론, 비록 양쪽 텔레센트릭 투영광학계이라도 완전하게 (투영시야내의 각 상의 높이에서) 텔레센트릭 광학계의 제로는 현실적으로는 곤란하므로, 어느 경우에서나 마스크를 상기 투영광학계의 광축방향으로 구동하면, 투영광학계가 굴절광학계, 반사굴절광학계, 또는 반사광학계의 어느 경우에도 투영배율 (내지 디스토션)이 변화되므로, 이것을 이용하여 투영배율을 용이하게 변경할 수 있다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에서는, 상기 투영광학계가, 반사광학소자를 포함하는 광학계인 경우, 상기 배율변경장치는, 상기 투영광학계의 광학특성을 변경하는 광학특성 변경장치로 할 수 있다. 이 경우, 상기 광학특성 변경장치는, 예를 들어 복수의 반사광학소자의 간격을 변경하는 장치일 수도 있다. 예를 들어, 상기 반사광학소자의 곡률을 변경하는 것일 수도 있다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에서는, 상기 투영광학계(P0)는, 반사광학소자를 포함하는 광학계로서, 상기 마스크를 유지하는 마스크 스테이지(RST)와, 이 마스크 스테이지와 상기 기판 스테이지(WST)를 상기 투영광학계의 광축방향에 직교하는 제 1 방향으로 동기이동하는 구동장치(80, 34, 62)를 더 구비하는 경우, 상기 배율변경장치(RIFZ, 34, 80)는, 상기 마스크 스테이지를 통하여 상기 마스크를 상기 투영광학계의 광축방향으로 구동시켜 상기 투영광학계의 광축방향 및 상기 제 1 방향에 직교하는 제 2 방향의 배율을 변경하는 장치로 할 수 있다.

이러한 경우에는, 조명계에 의하여 마스크에 대하여 노광용 조명광이 조사되면, 마스크에서 출사된 노광용 조명광이 투영광학계에 의하여 기판 상에 투사되고, 노광용 조명광으로 조명된 마스크 상의 영역의 패턴이 기판 상에 전사된다. 이 마스크 패턴 전사시에, 구동장치에서는 마스크 스테이지와 기판 스테이지를 투영광학계의 광축방향에 직교하는 제 1 방향으로 동기이동한다. 이로써 주사노광에 의하여 마스크의 패턴의 전체 면이 기판 상에 전사된다. 또한, 배율변경장치가, 마스크 스테이지를 투영광학계의 광축방향으로 구동하여 투영광학계의 광축방향 및 제 1 방향에 직교하는 제 2 방향의 배율을 변경하는 장치이므로, 제 2 방향에 대해서는 동일하게 투영배율을 제어할 수 있음과 동시에, 제 1 방향(주사방향)에 대한 배율조정은 동기 속도비의 제어에 의하여 동일하게 실현할 수 있다. 또한, 보정장치에 의하여 투영배율의 변경에 따른 마스크의 패턴 이미지의 기판 상에 대한 투영위치의 위치편차를 보정할 수 있다. 따라서, 투영배율의 변경에 수반되는 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분히 억제할 수 있으며, 또한 배율을 동일하게 제어할 수 있다. 이 경우에 있어서, 상기 노광용 조명광은 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 전공차외역의 광일 수도 있고, 또는 상기 투영광학계에서는, 반사광학소자만으로 이루어지는 반사광학계일 수도 있으며, 상기 마스크는 반사형 마스크일 수도 있다.

상기와 같이, 반사광학소자만으로 이루어지는 반사광학계와, 반사형 마스크와의 조합을 사용하는 경우에는, 상기 노광용 조사광은 면 X 선 영역의 광일 수도 있다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에 있어서, 상기 기판 스테이지(WST) 상의 기판(W)의 상기 투영광학계의 광축방향의 위치를 검출하는 초점위치검출계(14a, 14b)와, 상기 배율변경장치에 의한 상기 마스크의 상기 광축방향의 구동량에 대응한 오프셋을 상기 초점검출계에 부여하고, 이 초점위치검출계의 검출결과에 기초하여 상기 기판 스테이지의 광축방향의 위치를 피드백 제어하는 스테이지 제어장치를 더 구비할 수 있다. 이러한 경우에는, 스테이지 제어장치에 의하여, 마스크 패턴의 전사 시의 기판의 광축방향의 위치를 투영광학계의 초점위치에 설정할 수 있는 것에 부가하여, 특히 상기 기판 스테이지(WST) 상에는 특정한 기준 마크를 포함하는 적어도 하나의 기준 마크가 형성되고, 상기 특정한 기준 마크와 상기 마스크의 패턴 이미지의 상기 기판 스테이지 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계를 검출하는 위치검출계를 더 구비하는 경우에는, 베이스 라인량의 검출을 위하여, 위치검출계에 의하여 특정한 기준 마크와 마스크의 패턴 이미지의 기판 스테이지 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계를 검출할 때, 특정 기준 마크를 투영광학계의 초점위치에 설정할 수 있으므로, 초점편차가 없는 상태에서의 높은 정밀도의 검출이 가능해지고, 결과적으로 베이스 라인량을 보다 정확하게 구할 수 있다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에서는, 배율변경장치에 의한 배율변경은, 예를 들어 마스크의 열변형 등의 보정을 목적으로 하여, 또는 주어진 목표배율에 기초하여 행할 수도 있으나, 상기 마스크(R)의 패턴의 상기 기판(W)에 대한 전사에 앞서, 상기 마스크 검출계(ALG)를 사용하여 상기 기판 상의 특성의 위치정합마크를 검출하는 검출장치(80)를 더 구비하는 경우에는, 상기 배율변경장치(RIFZ, 34, 80)에 의한 배율의 변경은, 상기 검출장치에 의한 특성의 위치정합마크의 위치검출 결과에 기초하여 행하도록 할 수도 있다. 이러한 경우에는, 위치정합마크의 검출결과에 기초하여 기판의 현실적인 배율변화가 구해지고, 그 배율변화에 따라서 배율변경장치에 의하여 투영배율이 변경되므로 중첩 정밀도가 향상된다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광장치에 있어서, 상기 투영광학계는 상기 마스크 측이 비-텔레센트릭일 수도 있다.

본 발명은, 제 2의 관점에서 볼 때, 마스크(R)의 패턴을 기판(W) 상에 반복 전사하는 노광장치로서, 상기 마스크에 노광용 조명광(EL)을 조사하는 조명계(12, M, 44)와; 상기 마스크에서 출사된 상기 노광용 조명광을 상기 기판 상에 투사하는 투영광학계와; 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지(WST)와; 상기 기판 스테이지 상에 존재하는 마크를 검출하는 마크검출계(ALG)와; 상기 마크검출계의 베이스 라인량의 갱신의 필요의 유무를 소정의 판정조건에 기초하여 판단하는 판단장치와; 상기 판단장치의 판단결과가 긍정적인 경우에는 새로운 베이스 라인량을 구하는 베이스 라인 갱신장치와; 상기 판단장치의 판단결과가 부정적인 경우에는, 상기 마스크 패턴의 상기 기판에 대한 전사시에 미리 구한 상기 마크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 기판 스테이지의 위치를 제어하고, 상기 판단장치의 판단결과가 긍정적인 경우에는, 상기 마스크 패턴의 상기 기판에 대한 전사시에 상기 새로운 베이스 라인량을 사용하여 상기 기판 스테이지의 위치를 제어하는 스테이지 제어장치를 구비한 제 2의 노광장치이다.

이에 약하면, 마스크 패턴이 기판 상에 반복 전사되는 동안에, 판단장치에 의하여 마크검출계의 베이스 라인량의 갱신의 유무가 소정의 판정조건에 기초하여 판단되고, 베이스 라인 갱신장치에서는, 판단장치의 판단결과가 긍정적인 경우 새로운 베이스 라인량이 구해진다. 그리고 스테이지 제어장치에서는, 판단장치의 판단결과가 부정적인 경우에는, 마스크 패턴의 기판에 대한 전사시에 미리 구한 마크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 기판 스테이지의 위치를 제어하고, 판단장치의 판단결과가 긍정적인 경우에는, 마스크 패턴의 기판에 대한 전사시에 갱신 장치에서 구해진 새로운 베이스 라인량을 사용하여 기판 스테이지의 위치를 제어한다. 따라서 상기 판단조건으로서, 베이스 라인량이 허용치를 초과하여 변동할 가능성이 높아지는지에 대한 여부를 추정할 수 있는 조건을 정해놓으면, 베이스 라인량의 변동이 허용치 내로 되고, 마스크 패턴의 전사상의 위치편차를 무시할 수 있을 때에는, 노광 중의 기판 스테이지의 위치제어를 미리 구한 베이스 라인량을 사용하여 행하고, 베이스 라인량의 변동이 허용치를 초과할 가능성이 높고, 마스크 패턴의 전사상의 위치편차를 무시할 수 없을 때에는, 베이스 라인량을 계속(또는 계산)에 의하여 새롭게 구하고, 그 새롭게 구해진 베이스 라인량을 사용하여 노광 중의 기판 스테이지의 위치제어를 행할 수 있다. 따라서, 마스크 패턴 이미지의 기판에 대한 투영위치의 위치편차를 방지 또는 충분히 억제할 수 있음과 동시에, 필요한 경우에만 베이스 라인량의 재계측(또는 재계산)을 행하는 점에서

스루풋을 향상시킬 수 있다.

이 경우에 있어서, 상기 판단조건은 다양하게 생각할 수 있다. 예를 들어 상기 판단장치는, 마스크 패턴의 전사 대상인 상기 기판이 로트의 선두인지에 대한 여부에 기초하여 상기 마크검출계의 베이스 라인량의 갱신 필요 유무를 판단할 수도 있다.

본 발명은, 제 3의 관점에서 볼 때, 마스크 (R) 의 기판 (Ψ) 을 동기이동시키면서 상기 마스크에 형성된 패턴을 투영광학계 (P0) 를 통하여 상기 기판 상에 전사하는 노광방법에 있어서, 상기 마스크의 패턴면에 대하여 소정의 입사각으로 노광용 조명광 (EL) 을 조사하고 상기 노광용 조명광에 의하여 조명된 마스크의 패턴을 상기 투영광학계를 통하여 상기 기판 상에 전사할 때, 상기 투영광학계의 상기 동기이동방향과 직교하는 방향의 투영배율을 소망하는 값으로 설정함과 동시에, 이 설정후에 대응하는 상기 기판 상의 위치정합마크를 검출하는 마크검출계 (AL6) 의 베이스 라인량을 사용하여 상기 기판의 위치를 제어하는 것을 특징으로 하는 제 1의 노광방법이다.

이에 의하면, 마스크의 패턴면에 대하여 소정의 입사각 (입사각이 0 인 경우를 포함) 에서 노광용 조명광을 조사하여 노광용 조명광에 의하여 조명된 마스크의 패턴을 투영광학계를 통하여 기판 상에 전사할 때, 투영광학계의 동기이동방향과 직교하는 방향의 투영배율이 소망하는 값으로 설정되면, 이 설정후에 대응하는 기판 상의 위치정합마크를 검출하는 마크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 기판의 위치가 제어된다. 이 경우, 동기이동방향의 투영배율은, 마스크와 기판의 동기 속도비를 조정함으로써 제어할 수 있다. 따라서, 투영배율의 갱신, 및 이에 따른 중첩 정밀도의 열화방지가 가능해진다.

이 경우에 있어서, 상기 투영배율의 설정후에 대응하는 상기 베이스 라인량은 상기 투영배율의 설정후에 검출되는 것일 수도 있고, 또는 상기 투영배율의 설정후에 대응하는 상기 베이스 라인량은, 그 설정된 투영배율에 따라서, 미리 구해진 베이스 라인량을 계산에 의하여 보정한 것일 수도 있다. 후자의 경우에는 투영배율의 변경, 및 이에 수반되는 중첩 정밀도의 열화 방지를, 노광 시에 베이스 라인 계측을 하지 않고도 할 수 있게 된다.

본 발명에 관계되는 제 1의 노광방법에서는, 상기 마스크는 반사형 마스크이고, 상기 투영광학계는 반사광학계일 수도 있다.

본 발명은, 제 4의 관점에서 볼 때, 마스크 (R) 의 기판 (Ψ) 을 동기이동시켜, 상기 마스크의 패턴을 투영광학계 (P0) 를 통하여 상기 기판 상에 전사하는 노광방법에 있어서, 상기 전사에 앞서 상기 투영광학계의 광학특성을 조정하고, 상기 광학특성의 조정에 기인하여 발생하는, 상기 투영광학계의 이미지 필드 내에서의, 패턴 이미지의 투영영역의 시프트를 보상하도록, 상기 동기이동 중에 있어서의 상기 투영영역과 상기 기판과의 위치관계를 조정하는 것을 특징으로 하는 제 2의 노광방법이다.

이에 의하면, 마스크와 기판을 동기이동시켜, 마스크의 패턴을 투영광학계를 통하여 기판 상에 전사하기 전에, 투영광학계의 광학특성이 조정된다. 그리고, 마스크 패턴의 기판에 대한 전사시에는, 상기 광학특성의 조정에 기인하여 발생하는, 투영광학계의 이미지 필드 내에서의, 패턴 이미지의 투영영역의 시프트를 보상하도록, 마스크와 기판의 동기이동 중에 있어서의 패턴 이미지의 투영영역과 기판과의 위치관계가 조정된다. 따라서, 광학특성의 조정에 수반되는 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분히 억제할 수 있다.

이 경우에 있어서, 상기 기판 (Ψ) 상의 마크를 마크검출계 (AL6) 로 검출하여 얻어지는 위치정보를 사용하여 상기 기판 (Ψ) 의 노광위치를 결정하고, 상기 투영영역과 상기 기판과의 상대위치를 조정하기 위하여, 상기 광학특성의 조정후에 있어서의 상기 마크검출계 (AL6) 의 베이스 라인량과 상기 결정된 노광위치정보에 따라서, 상기 마스크 (R) 에 대한 상기 기판의 동기이동을 제어할 수도 있다.

본 발명에 관계되는 제 2의 노광방법에 있어서, 상기 동기이동에서는, 상기 광학특성의 조정후에 계속되는 상기 마크검출계 (AL6) 의 베이스 라인량 및 상기 조정된 광학특성에서 계산되는 마크검출계의 베이스 라인량의 한쪽을 이용하도록 할 수도 있다. 즉, 광학특성의 조정전후에서 광학특성이 크게 변화된 경우에는, 광학특성의 조정에 의하여 베이스 라인량이 크게 변화하는 가능성이 높아지므로 실제로 마크검출계의 베이스 라인량을 계속할 수 있고, 그 반대로 광학특성의 조정전후에서 광학특성이 거의 변화하지 않는 경우에는, 조정된 광학특성에서 계산되는 마크검출계의 베이스 라인량을 사용할 수 있다. 후자의 경우에는, 광학특성의 조정량과 베이스 라인량과의 상관관계에 기초하여 산출되는 베이스 라인량의 변화분만을 조정전의 베이스 라인량을 보정한 계산치를 사용해도 중첩 정밀도는 거의 열화되지 않기 때문이다.

본 발명에 관계되는 제 2의 노광방법에서는, 상기 기판 (Ψ) 상의 복수의 마크를 상기 마크검출계 (AL6) 로 검출하여 얻어지는 복수의 위치정보와, 상기 투영광학계 (P0) 를 통하여 상기 마스크 (R) 상의 복수의 마크 (RM) 를 검출하여 얻어지는 복수의 위치정보와의 적어도 일방에 기초하여, 상기 투영광학계 (P0) 의 광축을 다른 방향으로 상기 마스크를 이동시키고, 상기 기판의 동기이동방향과 직교하는 방향에 관한 상기 패턴 이미지의 투영배율을 조정할 수도 있다. 이러한 경우, 기판 상의 복수의 마크를 마크검출계로 검출하여 얻어지는 복수의 위치정보에 기초하여 기판의 신축량을 구할 수 있고, 또한 투영광학계를 통하여 마스크 상의 복수의 마크를 검출하여 얻어지는 복수의 위치정보와, 투영광학계를 통하여 마스크 상의 복수의 마크를 검출하여 얻어지는 복수의 위치정보와의 어느 한쪽에 기초하여 투영광학계의 광축을 다른 방향으로 마스크를 이동시켜도, 기판의 동기이동방향과 직교하는 방향에 관한 패턴 이미지의 투영배율을 양호하게 조정할 수 있다.

본 발명에 관계되는 제 2의 노광방법에서는, 상기 마스크 (R) 는, 주 광선이 그 패턴면에 대하여 경사진 노광용 조명광 (EL) 으로 조사되는 반사형 마스크이고, 상기 노광용 조명광 (EL) 은, 파장 5 ~ 15 nm 에 스펙트럼을 가지는 극단 자외광이며, 상기 투영광학계 (P0) 는 상기 마스크 측이 비-텔레센트릭이고, 또한 복수의 반사광학소자로 구성되어 있을 수도 있다.

본 발명은, 제 5의 관점에서 볼 때, 마스크(R)의 패턴을 투영광학계(P0)를 통하여 기판(W)상에 반사 전사하는 노광방법으로서, 상기 기판 상의 마스크를 검출하는 마스크검출계(AL6)의 베이스 라인량의 변동요인이 되는 물리량의 변화를 감시하는 제 1 공정과; 상기 물리량이 소정의 허용치를 초과했는지의 여부에 의하여 상기 마스크검출계의 베이스 라인량의 경신의 필요 유무를 판단하는 제 2 공정과; 상기 판단결과가 긍정적인 경우에는 새로운 베이스 라인량을 구하고, 그 구한 베이스 라인량을 사용하여 상기 기판의 위치를 제어하고, 상기 판단결과가 부정적인 경우에는, 미리 구한 상기 마스크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 기판의 위치를 제어하여, 노광하는 제 3 공정을 포함하는 제 3의 노광방법이다.

이에 의하면, 제 1 공정에서 기판 상의 마스크를 검출하는 마스크검출계의 베이스 라인량의 변동요인이 되는 물리량의 변화가 감시되고, 제 2 공정에서 상기 물리량이 소정의 허용치를 초과했는지의 여부에 기초하여 마스크검출계의 베이스 라인량의 경신의 필요 유무가 판단된다. 그리고, 제 3 공정에서는, 상기 판단결과가 긍정적인 경우에는 새로운 베이스 라인량이 구해지고, 그 구해진 베이스 라인량을 사용하여 기판의 위치를 제어하고, 상기 판단결과가 부정적인 경우에는, 미리 구한 마스크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 기판의 위치를 제어하여 노광이 이루어진다. 따라서, 마스크검출계의 베이스 라인량의 변동요인이 되는 물리량이 소정의 허용치를 초과하고, 베이스 라인량의 변동이 허용치를 초과할 가능성이 높아, 마스크 패턴의 전사상의 위치편차를 무시할 수 없을 때에는, 베이스 라인량을 계속(또는 계산)에 의하여 새롭게 구하고, 그 새롭게 구해진 베이스 라인량을 사용하여 노광 중의 기판 스테이지의 위치제어를 행하고, 상기 물리량이 소정의 허용치 내로 되고, 베이스 라인량의 변동이 허용치 내로 되어, 마스크 패턴의 전사상의 위치편차를 무시할 수 있을 때에는, 노광 중의 기판 스테이지의 위치제어를 미리 구한 베이스 라인량을 사용하여 행하도록 할 수 있다. 따라서, 마스크 패턴 이미지의 기판에 대한 투영위치의 위치편차를 방지 또는 충분히 억제할 수 있음과 동시에, 필요한 경우에만 베이스 라인량의 재계속(또는 재계산)을 행한다는 점에서 스루풋을 향상시킬 수 있다.

본 발명에 관계되는 제 3의 노광방법에 있어서, 상기 제 1 공정에서 감시되는 물리량은 다양한 물리량을 생각할 수 있다. 예를 들어, 그 물리량은 상기 마스크의 열팽창 변화량일 수도 있다. 이 경우, 그 마스크의 열팽창 변화량은, 상기 마스크의 온도분포의 계속결과에 기초하여 추정되는 것일 수도 있다.

본 발명에 관계되는 제 3의 노광방법에 있어서, 상기 제 1 공정에 있어서 감시되는 물리량은, 상기 투영광학계의 결상특성일 수도 있다.

본 발명에 관계되는 제 3의 노광방법에 있어서, 상기 투영광학계는 미러를 포함하는 광학계인 경우에는, 상기 제 1 공정에 있어서 감시되는 물리량은 상기 미러의 변형량일 수도 있다.

본 발명은, 제 6의 관점에서 볼 때, 마스크의 패턴을 기판 상에 전사하는 노광장치의 제조방법으로서, 상기 마스크에 노광용 조명광을 조사하는 조명계를 제공하는 공정과; 상기 마스크에서 출사된 상기 노광용 조명광을 상기 기판 상에 투사하는 투영광학계를 제공하는 공정과; 상기 투영광학계의 투영배율을 변경하는 배율변경장치를 제공하는 공정과, 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지를 제공하는 공정과; 상기 기판 스테이지 상에 존재하는 마스크를 검출하는 마스크검출계를 제공하는 공정과; 상기 마스크 패턴의 상기 기판 상에 대한 전사시에, 상기 배율변경장치에 의하여 배율이 변경되었을 때, 그 배율변경후에 대응하는 상기 마스크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 마스크 패턴의 투영위치편차를 보정하는 보정장치를 제공하는 공정을 포함하는 노광장치의 제조방법이다.

이에 의하면, 조명계, 투영광학계, 배율변경장치, 기판 스테이지, 보정장치, 및 기타의 다양한 부품을 기계적, 광학적, 및 전기적으로 조합하여 조합함으로써 본 발명의 노광장치를 제조할 수 있다. 이 경우, 스텝 앤드 리피트 방식 등의 정지노광형의 노광장치를 제조할 수 있다.

본 발명에 관계되는 노광장치의 제조방법에서는, 상기 마스크를 유지하는 마스크 스테이지를 제공하는 공정과; 상기 마스크 스테이지와 상기 기판 스테이지를 상기 투영광학계의 광축방향에 직교하는 제 1 방향으로 동기이동하는 구동장치를 제공하는 공정을 더 포함할 수 있다. 이러한 경우에는, 마스크 스테이지와 기판 스테이지의 상대주사속도 및 상대주사방향의 각도의 변경 조절에 의하여 상 왜곡 특성을 보정할 수 있는 스텝 앤드 스캔 방식 등의 주사형의 노광장치를 제조할 수 있다.

또한, 리소그래피 공정에서, 본 발명의 노광방법을 사용하여 노광함으로써, 기판 상에 복수 층의 패턴을 중첩 정밀도가 양호하게 형성할 수 있고, 이로써 보다 집적도가 높은 매크로 디바이스를 수율이 양호하게 제조할 수 있어, 그 생산성을 향상시킬 수도 있다. 마찬가지로, 리소그래피 공정에 있어서, 본 발명의 노광장치를 사용하여 노광함으로써, 기판 상에 복수 층의 패턴을 중첩시켜 정밀도가 양호하게 형성할 수 있어 그 생산성을 향상시킬 수 있다. 따라서 본 발명은, 다른 관점에서 본다면, 본 발명의 노광방법 또는 본 발명의 리소그래피 시스템을 사용하는 디바이스 제조방법이고, 또한 이 제조방법에 의하여 제조된 디바이스라고도 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제 1의 실시형태의 노광장치의 구성을 개략적으로 나타낸 도면;

도 2는 도 1의 광원장치의 내부구성을 나타내는 도면;

도 3은 도 2의 광원장치의 좌측면도;

도 4는 도 1의 레티클 스테이지 근방의 구성 각 부를 상세하게 나타낸 도면;

도 5는 레티클의 개략 평면도;

도 6은 레티클 스테이지와 웨이퍼 스테이지의 XY 평면 내의 위치를 계속하는 간섭계 시스템의 구성을 설명하기 위한 도면;

도 7은 도 1의 슬릿판 및 그 구동기구의 일례를 나타낸 평면도;

- 도 8 은 도 1 의 투영광학계의 내부구성을 개략적으로 나타낸 도면;
- 도 9a 는 공간상 계속기를 나타낸 평면도;
- 도 9b 는 도 9a 의 공간상 계속기를 나타낸 측면도;
- 도 10 은 웨이퍼 (웨이퍼 스테이지) 및 레티를 (레티를 스테이지) 의 위치 및 자세제어에 관련되는 제어계의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도;
- 도 11 은 레티를 패턴이 웨이퍼 상의 복수 쇼트 영역에 전사되는 양태를 나타낸 도면;
- 도 12 는 제 1 의 실시형태의 노광장치의 노광 시퀀스를 설명하기 위한 플로우차트;
- 도 13 은 변형예를 설명하기 위한 도면;
- 도 14 는 제 2 의 실시형태의 노광장치의 노광 시퀀스를 설명하기 위한 도면;
- 도 15 는 본 발명에 관계되는 디바이스 제조방법의 실시형태를 설명하기 위한 플로우차트;
- 도 16 은 도 15 의 스텝 204 에 있어서의 처리를 나타낸 플로우차트; 및
- 도 17 은 발명이 해결하고자 하는 과제를 설명하기 위한 도면이다.

<제 1 실시형태>

이하, 본 발명의 제 1 실시형태를 도 1 ~ 도 12 에 기초하여 설명하기로 한다.

도 1 에는, 제 1 실시형태에 관계되는 노광장치 (10) 의 전체 구성이 개략적으로 나타나 있다. 이 노광장치 (10) 는 노광용 조명광 (EL) 으로서 파장 5 ~ 15 nm 의 연 X 선 영역의 광 (EUV 광) 을 사용하며, 스텝 앤드 스캔 방식에 의하여 노광동작을 행하는 투영노광장치이다. 본 실시형태에서는, 후술하는 바와 같이 마스크로서의 레티를 (R) 으로부터의 반사 광속을 웨이퍼 (W) 상에 수직으로 투사하는 투영광학계 (PO) 가 사용되고 있으므로, 이하에서는 이 투영광학계 (PO) 에서 웨이퍼 (W) 에 대한 조명광 (EL) 의 투사방향을 투영광학계 (PO) 의 광축방향이라고 할과 동시에, 이 광축방향을 Z 축 방향, 여기에 직교하는 면내에서 도 1 에 있어서의 지면 내의 좌우방향을 Y 축 방향, 지면에 직교하는 방향을 X 축 방향으로 하여 설명하기로 한다.

이 노광장치 (10) 는, 마스크로서의 반사형 레티를 (R) 에 묘화된 회로패턴의 일부의 상을 투영광학계 (PO) 를 통하여 기관으로서의 웨이퍼 (W) 상에 투영되면서, 레티를 (R) 과 웨이퍼 (W) 를 투영광학계 (PO) 에 대하여 1 차원 방향 (여기에서는 Y 축 방향) 으로 상대주사함으로써, 레티를 (R) 의 회로패턴 전체를 웨이퍼 (W) 상의 복수의 각각의 쇼트 영역에 스텝 앤드 스캔 방식으로 전사하는 것이다.

노광장치 (10) 는, EUV 광 (EL) 을 Y 방향을 따라서 수평으로 사출하는 광원장치 (12), 이 광원장치 (12) 에서 나온 EUV 광 (EL) 을 반사하여 소정의 입사각 θ (θ 는 여기에서는 약 50 mrad 로 함) 로 레티를 (R) 의 패턴면 (도 1 에 있어서의 하면) 에 입사하도록 굴절하는 전환 미러 (M)(조명광학계의 일부), 레티를 (R) 을 유지하는 마스크 스테이지로서의 레티를 스테이지 (RST), 레티를 (R) 의 패턴면에서 반사된 EUV 광 (EL) 을 웨이퍼 (W) 의 피노광면에 대하여 수직으로 투사하는 반사광학계로 이루어지는 투영광학계 (PO), 웨이퍼 (W) 를 유지하는 기관 스테이지로서 웨이퍼 스테이지 (WST), 포커스센서 (14a, 14b) 및 마스크 검출계로서의 얼라인먼트 광학계 (ALG) 등을 구비하고 있다.

상기 광학장치 (12) 는, 도 2 에 나타낸 바와 같이, 레이저 플라스마 광원 (16) 과 조명광학계의 일부 (PRM, IM, 30) 로 구성된다. 광원 (16) 은, 예를 들어 반도체 레이저 여기 (勵起) 에 의한 YAG 레이저 또는 엑시머레이저 등의 고출력 레이저 (20) 와, 이 고출력 레이저 (20) 에서 나온 레이저광 (L) 을 소정의 집광점에 집광하는 집광렌즈 (22) 와, 이 집광점에 배치된 구리 테이프 등의 EUV 광 발생물질 (24) 을 구비하고 있다.

여기에서, EUV 광의 발생 구조에 대하여 간단히 설명하기로 한다. 고출력 레이저 (20) 에서 나온 레이저광 (L) 이 집광렌즈 (22) 의 집광점에 배치된 EUV 광 발생물질 (24) 에 조사되면, 이 EUV 광 발생물질 (24) 이 레이저광의 에너지로 고온이 되고, 플라스마 상태로 여기되어 저-포텐셜 상태로 이전될 때, EUV 광 (EL) 을 방출한다.

이렇게 하여 발생된 EUV 광 (EL) 은 전방위로 발산되므로, 이것을 집광할 목적으로, 광원장치 (12) 내에는 방출면경 (PRM) 이 형성되어 있고, 이 방출면경 (PRM) 에 의하여 EUV 광 (EL) 이 집광되어 평행광속으로 변환되도록 되어 있다. 이 방출면경 (PRM) 의 내표면에는 EUV 광을 반사하기 위한 EUV 광 반사층이 형성되어 있고, 그 이면에는 냉각장치 (26) 가 장착되어 있다. 냉각장치 (26) 에서는 냉각액체를 사용하는 것이 냉각효과 면에서는 바람직하나, 이것에 한정되는 것은 아니다. 방출면경 (PRM) 의 소재는 열전도 면에서 금속이 바람직하다. 방출면경 (PRM) 의 표면에 형성되어 있는 EUV 광 반사층으로서, 2 종류의 물질을 번갈아 적층한 다층막을 사용함으로써, 특정한 파장의 광만을 반사하는 것으로 알려져 있다. 예를 들어, 몰리브덴 (Mo) 과 구소 (Si) 를 수십 층 코팅하면 파장이 약 13.4 nm 인 EUV 광을 선택적으로 반사하고, 몰리브덴과 베릴륨으로는 파장이 약 11.5 nm 인 광을 반사하는 것으로 알려져 있다. 반사되지 않는 파장의 광은 다층막 등에 의하여 흡수되어 열로 변화되므로 방출면경 (PRM) 의 온도가 상승된다. 이 방출면경 (PRM) 을 냉각하기 위하여 상기 냉각장치 (26) 가 필요해진다. 방출면경 (PRM) 에 의하여 평행광으로 변환된 EUV 광 (EL) 은, 그 광속에 수직이 되는 단면형상이 원형이고 강도분포가 일정한 평행광이다.

광원장치 (12) 내에는, 다시 상기 평행광으로 변환된 EUV 광 (EL) 을 반사하여 도 1 의 전환 미러 (M) 의 방향을 향하여 편향되는 조명 미러 (IM) 와, 이 조명 미러 (IM) 의 EUV 광 (EL) 의 진행방향 후방측 (도 2 에 있어서의 지면 우측) 으로 배치된 베릴륨 등에 의하여 형성된 파장 선택창 (30) 이 형성되어 있다. 조명 미러 (IM) 는, 도 2 에 나타낸 바와 같이, EUV 광 (EL) 이 조사되는 측의 면이 곡면이 되고, 그 곡면의 표면에는 그 파장에 의하여 선택되는 2 종류의 물질을 번갈아 적층 (예를 들어, 몰리브덴 (Mo) 과

규소 (Si) 를 수심 총 코팅 된 다층막으로 이루어지는 반사층이 형성되고, 이 반사층에서 반사된 EUV 광 (EL) 이 레티를 (R) 상에서 적당히 가늘고 긴 슬릿 형상이 되도록 설계되어 있다.

도 2 의 지면 내 상하방향인, 흡수하는 바와 같은 레티를 (R) 의 패턴면을 조명하는 후술하는 소정 면적을 가지는 원호 형상의 조명영역 (링 형상의 조명영역의 일부를 꺼내는 듯한 형상의 조명영역) 의 주변 방향으로 직교하는 방향에 대응하여, 레티를 (R) 의 패턴면이 정확히 초점면으로 되어 있다. 이 경우, EUV 광 (EL) 의 발광원이 유한한 크기를 가지므로, 레티를 (R) 의 패턴면이 초점면으로 되어 있다고 해도, 그 초점면 상에서는 EUV 광 (EL) 은 1 mm 에서 10 mm 정도의 폭을 가진다. 따라서, 원호 형상의 조명영역을 조명하기에는 지니치게 가늘지는 않다. 조명 미러 (1M) 의 반사면의 이면 측에는, 전술한 냉각장치 (26) 와 동일한 냉각장치 (28) 가 형성되어 있다.

상기 파장 선택막 (30) 은, 여기에서는 가시광을 컷할 목적으로 형성되어 있다. 이것은, 다층막으로 이루어지는 EUV 반사층은, EUV 광 주변의 파장에 대해서는 상당히 예리한 파장선택성을 가지고 노광에 사용하는 특정한 파장만을 선택적으로 반사하나, 가시광 또는 자외광 등도 마찬가지로 반사해 버린다. 이것을 레티를 (R) 또는 투영광학계 (P0) 로 유도하거나 하면, 과잉의 에너지 때문에 레티를 (R) 또는 투영광학계 (P0) 를 구성하는 미러 (이것들에 대해서는 후술함) 가 발열하거나, 최악의 경우에는 웨이퍼 (W) 상에 필요 없는 광이 전사되어, 상의 변화를 초래할 우려가 있기 때문에, 이러한 사태의 발생을 방지하고자 하는 것이다.

도 3 에는, 도 2 에 나타내어진 광원장치 (12) 를 Y 방향의 일측 (도 2 에 있어서의 좌측) 에서 바라본 상태가 나타내어져 있다. 이 도 3 에 있어서는, 지면의 안쪽에 도 1 의 전환 미러 (M) 가 있다. 조명 미러 (1M) 의 반사면은 도 3 에 표시되어 있지 않으나, 도 3 의 지면 안쪽에서 바라본 경우에 장방형 형상을 하고 있다. 즉, 도 2 에서는 오목 곡면, 이 좌측면도인 도 3 에서는 장방형이므로, 조명 미러 (1M) 의 반사면은, 원통의 내주면의 일부와 동일한 형상을 하고 있게 된다. 이 경우, EUV 광 (EL) 은 도 2 의 지면 내에서는 수렴되나, 도 3 의 지면 내에서는 평행광 그대로의 상태에서, 도 3 중의 좌우방향의 길이가 후술하게 되는 원호형상의 조명영역의 주변 방향의 길이가 된다. 또한, 평행이라고 해도 전술한 바와 같이 광원의 중심이 유한하므로, 공간적 코히어런스가 제로인 것은 아니다.

상기 레티를 스테이지 (RST) 는, 도 1 에서는 도시가 생략되어 있으나, 실제로는 도 4 에 나타낸 바와 같이, XY 평면을 따라서 배치된 레티를 스테이지 베이스 (32) 상에 배치되고, 자기부상형 2 차원 리니어 액추에이터 (34) 에 의하여 이 레티를 스테이지 베이스 (32) 상에 부상 지지되어 있다. 이 레티를 스테이지 (RST) 는 자기부상형 2 차원 리니어 액추에이터 (34) 에 의하여 Y 방향으로 소정 스트로크로 구동될 때 동시에, X 방향 및 θ 방향 (Z 축 둘레의 회전방향) 으로도 미소량 구동되도록 되어 있다. 또한, 이 레티를 스테이지 (RST) 는 자기부상형 2 차원 리니어 액추에이터 (34) 에 의하여 Z 방향 및 XY 면에 대한 경사방향으로도 미소량만 구동할 수 있도록 구성되어 있다.

레티를 스테이지 (RST) 주변부의 바닥부에는, 영구자석 (도시 생략) 이 형성되어 있고, 이 영구자석과 레티를 스테이지 (RST) 상에 XY 2 차원 방향으로 둘러쳐진 코일 (34a) 에 의하여 상기 자기부상형 2 차원 리니어 액추에이터 (34) 가 구성되어 있고, 후술하게 되는 주제어장치 (80) 에 의하여 코일 (34a) 에 흐르는 전류를 제어함으로써 레티를 스테이지 (RST) 의 6 차원 방향의 위치 및 자세제어가 이루어지도록 되어 있다.

레티를 스테이지 (RST) 는, 도 4 에 확대되어 도시된 바와 같이, 레티를 (R) 을 레티를 스테이지 (RST) 에 대하여 유지하는 레티를 홀더 (RH) 와, 레티를 홀더 (RH) 의 주변부를 유지하는 스테이지 본체 (35) 와, 스테이지 본체 (35) 의 내부에서 레티를 홀더 (RH) 의 배면 측 (상면 측) 에 형성되고 이 레티를 홀더 (RH) 의 온도를 컨트롤하기 위한 온도제어부 (36) 를 구비하고 있다. 상기 레티를 홀더 (RH) 로는 정전식식의 레티를 홀더가 사용되고 있다. 이것은, EUV 광 (EL) 을 노광용 조명광으로 사용하는 관계에서, 본 실시형태의 노광장치 (10) 는, 실제로는 도시하지 않은 진공챔버 내에 수용되어 있고, 그래서 정전식식의 레티를 홀더는 사용할 수 없기 때문이다. 레티를 홀더 (RH) 의 소재는 저팽창 유리 또는 세라믹 등 종래의 UV 노광장치에서 사용되던 것으로 지장은 없다.

레티를 홀더 (RH) 의 레티를 홀더면에는, 복수의 온도센서 (38) 가 소정 간격으로 배치되어 있고, 이들 온도센서 (38) 에 의하여 레티를 (R) 의 온도가 정확하게 측정되고, 이 측정온도에 기초하여 온도제어부 (36) 에서 레티를 (R) 의 온도를 소정의 목표 온도로 유지하는 온도제어를 행한다. 이 온도제어부 (36) 를 구성하는 냉각장치로는, 외부에서 흡수한 열을 통하여 냉각매체를 냉각하는 형태의 액냉식 또는 펌프에 소자와 같은 전자소자를 사용하는 방식, 나이가 히트 파이프 등의 열교환기를 사용하는 방식 등을 채용할 수 있다.

레티를 스테이지 (RST) 의 Y 방향 일측의 측면에는, 경면 가공이 이루어지고, 가시영역의 광에 대한 반사면 (40a) 가 형성되어 있다. 도 4 에서는 도시가 생략되어 있으나, 도 6 에 나타내어진 바와 같이, 레티를 스테이지 (RST) 의 X 방향 일측의 측면에도 경면 가공이 이루어지고, 가시영역의 광에 대한 반사면 (40b) 가 형성되어 있다. 그리고, 이 노광장치 (10) 에서는 종래의 UV 광원의 노광장치와 동일하게, 상기 반사면 (40a, 40b) 에 측정법을 조사하는 간섭계 시스템에 의하여 레티를 스테이지 (RST) 의 XY 면내의 위치가 관리되고 있다. 이 간섭계 시스템에 대해서는 이후에 상술하기로 한다.

레티를 (R) 의 표면 (패턴면) 에는, EUV 광을 반사하는 반사막이 형성되어 있다. 이 반사막은, 예를 들어 2 종류의 물질을 번갈아 적층시킨 다층막이다. 여기에서는, 몰리브덴 (Mo) 과 규소 (Si) 의 다층막을 사용하여 파장이 약 13 nm 인 EUV 광에 대하여 반사율이 약 70 % 인 반사막을 형성하고 있다. 이러한 반사막 위에 EUV 광을 흡수하는 물질을 일면에 도포하고 패터닝한다. 다층막과 같은 반사물체를 패터닝하면 설계했을 때의 수축이 불가능한데 대하여, 흡수층 (흡수막) 을 형성하여 패터닝하는 방법으로 하면 다시 팽 수 있게 되므로 패터닝 수축이 가능해진다. 설계하는 대부분의 물질이 EUV 광을 반사하지 않기 때문에 흡수층에 사용할 수 있다. 본 실시형태에서는, 후술하는 바와 같이 레티를 (R) 의 Z 방향 위치를 계속하기 위하여 레이저 간섭계 (RIFZ1 ~ RIFZ3) 가 사용되므로, 이들 레이저 간섭계에 나온 측정면 (가시영역의 광) 에 대하여 상기 반사층 (반사막) 과 동일한 정도의 반사율을 얻을 수 있는 물질에 의하여 흡수층이 형성되어 있다. 그밖에 이 흡수층 형성재료의 선택 기준으로서 패터닝의

용이성, 반사층에 대한 밀착성, 산화 등에 의한 시간(年)의 변화가 작은 것 등을 들 수 있다.

도 5 에는, 레티클(R)의 일례가 나타나 있다. 도면 중앙에 있는 장방형의 영역이 패턴영역(PA)이다. 사선으로 나타내어진 원호형상의 영역이 노광용 조명광인 EUV 광(EL)이 조사되는 원호형상 조명영역(IA)이다. 여기에서, 원호형상의 조명영역을 사용하여 노광하는 것은, 후술하는 투영광학계(P0)의 제 1 수차 가장 작은 영역만을 사용할 수 있도록 하기 위해서이다. 또한, 레티클(R)의 패턴영역(PA)의 X 방향 양단부에는, Y 방향을 따라서 소정의 간격으로 위치정합마크로서의 레티클 얼라인먼트 마크(RM1 ~ RM6)가 형성되어 있다. 레티클 얼라인먼트 마크 RM1 과 RM4, RM2 와 RM5, RM3 과 RM6 은 각각 거의 X 방향을 따라서 배치되어 있다.

도 5 에서 알 수 있듯이, 원호형상의 조명영역(IA)을 사용하는 경우에는, 일괄노광(정지노광)하는 것은 현실적이지 못하므로, 본 실시형태에서는 후술하는 바와 같이 하여 주사노광이 이루어진다.

레티클(R)은 전술한 바와 같이 그 표면에 반사층이 형성되므로, 레티클(R) 그 자체의 소재는 특별히 한정되지 않는다. 레티클(R)의 소재로는, 예를 들어 저팽창 유리, 석영유리(예를 들어, 쇼트사의 제로듀마(상품명), 코닝사의 ULF(상품명) 등도 포함된다), 세라믹, 실리콘웨이퍼 등을 생각할 수 있다. 이 소재의 선택 기준으로서, 예를 들어 레티클 홀더(RH)의 소재와 동일한 소재를 레티클(R)의 소재로서 사용하는 것을 들 수 있다. 이런 경우에는, 노광용 조명광(EL)의 조사 등에 의한 온도 상승에 기인하여 레티클(R) 또는 레티클 홀더(RH)에 열팽창이 발생되나, 양 소재가 동일하면 동일한 양만 팽창되므로 양자간에 빗겨나려는 힘(열응력)이 작용하지 않는 메리트가 있다. 이에 한정되지 않고, 상이한 물질이라도 동일한 선평창율을 가진 물질을 레티클(R)과 레티클 홀더(RH)의 소재로 사용하면 동일한 효과를 얻을 수 있다. 예를 들어, 레티클(R)에 실리콘웨이퍼, 레티클 홀더(RH)에 SiC(탄화규소)를 사용하는 것을 생각할 수 있다. 레티클(R)의 소재로서 실리콘웨이퍼를 사용하면, 패턴 보호장치 또는 레지스트 도포장치, 에칭장치 등의 프로세스장치 등을 그대로 사용할 수 있다는 이점도 있다. 본 실시형태에서는, 이러한 이유에 의하여 레티클(R)의 소재로서 실리콘웨이퍼를 이용하고, 레티클 홀더(RH)에 의하여 형성되어 있다.

도 1 로 되돌아가, 레티클(R)의 하방(EUV 광의 입사측)에는 가동식 블라인드(42), 시야 조리개로서의 슬릿판(44)이 레티클(R)에 근접하여 배치되어 있다. 보다 구체적으로는, 이들 가동식 블라인드(42), 슬릿판(44)은 실제로는, 도 4 에 나타나 있는 바와 같이 레티클 스테이지(32)의 내부에 배치되어 있다.

슬릿판(44)은, 원호형상의 조명영역(IA)을 규정하는 것으로서, 물론 투영광학계(P0)에 대하여 고정되어 있을 수도 있으나, 본 실시형태에서는 이 슬릿판(44)은 모터 등을 포함하는 전환기구로서의 구동기구(46)에 의하여 구동될 수 있도록 구성되어 있다. 도 7 에는, 이 슬릿판(44) 및 그 구동기구(46)의 평면도가 도시되어 있다. 슬릿판(44)에는, 노광용 조명광으로서의 EUV 광(EL)이 조사되는 레티클(R)상의 원호형상의 조명영역(제 1 조명영역)(IA)을 규정하는 제 1 슬릿(44a)과, 레티클(R)의 패턴영역(pa)의 양측에 형성된 얼라인먼트 마크 RM1 과 RM4 (또는 RM2 와 RM5, RM3 과 RM6)부분에 노광용 조명광(EL)이 조사되는 제 2 조명영역을 규정하는 제 2 슬릿(44b)을 가진다. 구동기구(46)는, 모터(46A)와 이 모터의 출력 축에 이음매(46B)를 통하여 연결된 송출나사(46C)와, 상기 모터(46A)의 제어부(46D)를 구비하고 있다. 슬릿판(44)의 도 7 에 있어서의 지면 이측에 돌출 형성된 너트부(도시 생략)에 송출나사(46C)가 끼워져 있다. 그래서, 모터(46A)의 회전에 의하여 송출나사(46C)가 회전구동되고, 이로써 송출나사(46C)의 축방향(Y 방향)에 슬릿판(44)이 구동되도록 되어 있다. 구동기구(46)의 제어부(46D)는, 후술하는 주제어장치(80)(도 10 참조)에서부터의 지시에 따라서, 노광시에는 슬릿판(44)을, 노광용 조명광(EL)이 제 1 슬릿(44a)에 조사되는 제 1 위치로 전환되고, 레티클(R)의 위치정합(얼라인먼트)시에는 슬릿판(44)을 노광용 조명광(EL)이 제 2 슬릿(44b)에 조사되는 제 2 위치로 전환되도록 되어 있다. 또한, 송출나사기구 대신에, 예를 들어 리니어 모터를 사용하여 슬릿판(44)을 구동할 수도 있다.

도 4 로 되돌아가, 상기 가동식 블라인드(42)는, 동일한 레티클(R)내에 그려진 용장(冗長)회로 패턴을 웨이퍼에 전사하지 않을 경우, 그 용장회로 부분이 조명영역(IA)내에 포함되는 것을 방지하기 위한 것으로서, 본 실시형태에서는 후술하는 주제어장치(80)(도 10 참조)의 지시에 따라서 구동기구(46)를 구성하는 상기 제어부(46D)에 의하여 레티클 레지스트(RST)의 Y 방향의 이동과 동기하여 그 Y 방향의 이동이 제어되도록 되어 있다. 이 경우에, 가동식 블라인드(42)의 시동은 레티클(R)이 주사되기 시작한 후 레티클(R)과 동일하도록 주사를 시작할 수도 있고, 레티클의 주사개시 전부터 주사를 개시할 수도 있다. 후자의 경우 가속도가 작아도 된다. 또는, 가동식 블라인드(42)는, 목표하는 은폐해야 하는 패턴이 도달하는 것에 맞추어 움직이기 시작할 수도 있다.

도 1 로 되돌아가, 상기 투영광학계(P0)는 상기한 바와 같이, 반사광학소자(미러)만으로 이루어지는 반사광학계가 사용되고 있고, 여기에서는 투영배율이 1/4 배의 것이 사용되고 있다. 따라서, 레티클(R)에 의하여 반사되고, 레티클(R)에 그려진 패턴정보를 포함하는 EUV 광(EL)은 투영광학계(P0)에 의하여 1/4 로 축소되어 웨이퍼(W)상에 조사된다.

여기에서, 투영광학계(P0)에 대하여 도 8 을 사용하여 더 상세하게 설명하기로 한다. 이 도 8 에 나타난 바와 같이, 투영광학계(P0)는 레티클(R)에서 반사된 EUV 광(EL)을 순차적으로 반사하는 제 1 미러(M1), 제 2 미러(M2), 제 3 미러(M3), 제 4 미러(M4)의 합계 4 장의 미러(반사광학소자)와, 이들 미러(M1-M4)를 유지하는 거울틀(PP)로 구성되어 있다. 상기 제 1 미러(M1) 및 제 4 미러(M4)의 반사면은 비구면의 형상을 가지고, 제 2 미러(M2)의 반사면은 평면이고, 제 3 미러(M3)의 반사면은 구면 형상으로 되어 있다. 각 반사면은 설계치에 대하여 노광파장의 약 50 분의 1에서 60 분의 1 미만의 가공정밀도가 실현되고, RMS 치(표준편차)로 0.2 nm 에서 0.3 nm 미만의 오차밖에 없다. 각 미러의 소재는 저팽창 유리 또는 금속으로서, 표면에는 레티클(R)과 동일한 2 종류의 물질을 번갈아 증착시킨 다층막에 의하여 EUV 광에 대한 반사층이 형성되어 있다.

이 경우, 도 8 에 나타난 바와 같이, 제 1 미러(M1)에서 반사된 광이 제 2 미러(M2)에 도달할 수 있도록 제 4 미러(M4)에는 구멍이 뚫려 있다. 마찬가지로, 제 4 미러(M4)에서 반사된 광이 웨이퍼

에 도달할 수 있도록 제 1 미러 (M1) 에는 구멍이 형성되어 있다. 물론 구멍을 뚫는 것이 아니고, 미러의 외형을 광속이 통과할 수 있도록 노치를 가지는 형상으로 할 수도 있다.

투영광학계 (P0) 가 놓여지는 환경도 진공으로 하기 위하여, 노광용 조명광의 조사에 의한 열의 배출구가 있다. 그러므로, 본 실시형태에서는 미러 (M1-M4) 와 이 미러 (M1-M4) 를 유지하는 거울통 (FP) 간을 히트 파이프 (HP) 로 연결함과 동시에, 거울통 (PP) 을 냉각하는 냉각장치를 형성하고 있다. 즉, 거울통 (PP) 을 내측의 미러 유지부 (50) 와, 그 외부부에 장착된 냉각 자켓 (52) 과의 이중구조로 하고, 냉각 자켓 (52) 의 내부에는 냉각액을 유입 튜브 (54) 측에서 유출 튜브 (56) 측으로 흘러가기 위한 나선 형상의 파이프 (58) 가 형성되어 있다. 여기에서는, 냉각액으로서 냉각수가 사용되고 있다. 냉각 자켓 (52) 에서 유출 튜브 (56) 를 통하여 유출된 냉각수는, 도시하지 않은 냉동장치 내에서 냉매와의 사이에서 열교환이 이루어지고, 소정 온도까지 냉각된 후, 유입 튜브 (54) 를 통하여 냉각 자켓 (52) 내에 유입되도록 되어 있고, 이렇게 하여 냉각수가 순환되도록 되어 있다.

그래서, 본 실시형태의 투영광학계 (P0) 에서는 노광용 조명광 (EUV 광)(EL) 의 조사에 의하여 미러 (M1, M2, M3, M4) 에 열에너지가 발생해도, 히트 파이프 (HP) 에 의하여 일정 온도로 온도가 조정된 거울통 (PP) 간에서 열교환이 이루어지고, 미러 (M1, M2, M3, M4) 가 상기 일정 온도로 냉각되도록 되어 있다. 이 경우에, 본 실시형태에서는 도 8 에 나타난 바와 같이, 미러 (M1, M2, M4) 등에 대해서는, 그 이면 측 뿐만 아니라, 표면 측 (반사면 측) 의 노광용 조명광이 조사되지 않는 부분에도 히트 파이프 (HP) 가 장착되어 있으므로, 이면측만을 냉각하는 경우에 비하여 보다 효과적으로 상기 각 미러의 냉각이 이루어진다. 또한, 제 3 미러 (M3) 의 이면측 또는 제 1 미러 (M1) 의 표면 측의 히트 파이프 (HP) 는, 지면의 안쪽 방향에 있어서 거울통 (PP) 의 내주면에 닿는 것은 말할 것도 없다. 또한, 거울통 (PP) 의 외관은, 도 6 에 나타난 바와 같이 사각기둥 형상을 하고 있다.

도 1 로 되돌아가, 상기 웨이퍼 스테이지 (WST) 는, XY 평면을 따라서 배치된 웨이퍼 스테이지 베이스 (60) 상에 배치되고, 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (62) 에 의하여 이 웨이퍼 스테이지 (60) 상에 부상 지지되어 있다. 이 웨이퍼 스테이지 (WST) 는, 상기 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (62) 에 의하여 X 방향 및 Y 방향으로 소정 스트로크로 구동됨과 동시에, Z 방향 (Z 축 통례의 회전방향) 으로도 미소량 구동되도록 되어 있다. 또한, 이 웨이퍼 스테이지 (WST) 는, 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (62) 에 의하여 Z 방향 및 XY 면에 대한 경사방향으로도 미소량 구동할 수 있도록 구성되어 있다.

웨이퍼 스테이지 (WST) 의 바닥면에는, 영구자석 (도시 생략) 이 형성되어 있고, 이 영구자석과 웨이퍼 스테이지 (60) 상에 XY 2 차원 방향으로 둘러싸인 코일 (도시 생략) 에 의하여 상기 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (62) 가 구동되어 있고, 후술하는 주제어장치 (80) 에 의하여 상기 코일에 흐르는 전류를 제어함으로써 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 6 차원 방향의 위치 및 자세제어가 이루어지도록 되어 있다.

웨이퍼 스테이지 (WST) 의 상면에는, 정전 척 방식의 도시하지 않은 웨이퍼 홀더가 놓여지고, 이 웨이퍼 홀더에 의하여 웨이퍼가 흡착 유지되고 있다. 또한, 이 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 도 1 에 있어서의 Y 방향 타측의 측면에는 경면 가공이 이루어지고, 가시영역의 광에 대한 반사면 (74a) 이 형성되어 있다. 또한, 도 1 에서는 도시가 생략되었으나, 도 6 에 나타난 바와 같이, 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 X 방향 일측의 측면에도 경면 가공이 이루어지고, 가시영역의 광에 대한 반사면 (74b) 가 형성되어 있다. 그리고, 이 노광장치 (10) 에서는, 상기 반사면 (74a, 74b) 에 특정빔을 조사하는 간섭계 시스템에 의하여 투영광학계 (P0) 에 대한 그 위치가 정확하게 측정되도록 되어 있다. 이 간섭계 시스템에 대해서는 후술하기로 한다.

웨이퍼 스테이지 (WST) 상면의 일 단부에는, 레티클 (R) 에 묘화된 패턴이 웨이퍼면 상에 투영된 위치와, 얼라인먼트 광학계 (ALB) 의 상대위치관계의 계속 (이른바 베이스 라인 계속) 등을 행하기 위한 위치검출 계로서의 공간상 계속기 (FM) 이 형성되어 있다 (도 1 참조). 이 공간상 계속기 (FM) 는, 종래의 EUV 노광장치의 기존 마크판에 상당하는 것이다.

도 9a, 도 9b 에는, 이 공간상 계속기 (FM) 의 평면도, 종단면도가 각각 나타나 있다. 이들 도면에 나타난 바와 같이, 공간상 계속기 (FM) 의 상면에는 개구로서의 슬릿 (SLT1, SLT2) 이 형성되어 있다. 이들 슬릿 (SLT1, SLT2) 은 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 상면에 고정된 소정 두께의 형광발생물질 (63) 의 표면에 형성된 EUV 광의 반사층 (64) 에 패터닝된 것이다. 또한, 반사층 (64) 을 대신하여 EUV 광의 흡수층을 형성하고, 이 흡수층에 개구를 형성할 수도 있다.

상기 슬릿 (SLT1, SLT2) 의 하방의 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 상면판에는 개구 (66a, 66b) 가 각각 형성되어 있고, 이들 개구 (66a, 66b) 에 대항하는 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 내부에는, 포토 멀티플레이어 등의 광전변환소자 (PM) 가 각각 배치되어 있다. 따라서, 투영광학계 (P0) 를 통하여 상방에서 공간상 계속기 (FM) 에 EUV 광 (EL) 이 조사되면, 슬릿 (SLT1, SLT2) 을 투과한 EUV 광이 형광발생물질 (63) 에 도달하고, 이 형광발생물질 (63) 이 EUV 광에 비하여 파장이 긴 광을 발한다. 이 광이 광전변환소자 (PM) 에 의하여 수광되고 그 광의 강도에 따른 전기신호로 변환된다. 이 광전변환소자 (PM) 의 출력신호도 주제어장치 (80) 에 공급되도록 되어 있다. 여기에서, 슬릿 (SLT1, SLT2) 의 위치관계는, 레티클 (R) 상에 X 방향을 따라서 배치된 레티클 얼라인먼트 마크 RM1 과 RM4 (RM2 와 RM5, 또는 RM3 과 RM6) 와의 위치관계에 거의 대응한 관계로 되어 있고, 후술하는 레티클 얼라인먼트 시에는, 슬릿 (SLT1, SLT2) 을 통하여 레티클 얼라인먼트 마크 RM1 과 RM4 를 동시에 계속할 수 있도록 되어 있다.

다음으로, 도 6 을 이용하여, 레티클 스테이지 (RST) 및 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 위치를 계속하는 간섭계 시스템 (70)(도 10 참조) 의 구성 등에 대하여 상술하기로 한다. 또한, 도 6 에서는 각 레이저 간섭계의 측장축(測長軸)을 이용하여 해당하는 레이저 간섭계를 대표적으로 나타내고 있다.

이 간섭계 시스템 (70) 은, 레티클 스테이지 (RST) 의 XY 면내의 위치를 계속하는 4 개의 레이저 간섭계 (R1FX1, R1FX2, R1FY1, R1FY2) 와, 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 XY 면내의 위치를 계속하는 4 개의 레이저 간섭계 (W1FX1, W1FX2, W1FY1, W1FY2) 를 포함하여 구성되어 있다.

간섭계 (RIFY1) 는, 레티를 스테이지 (RST) 의 반사면 (40a) 에 계측빔 (RIFY1M) 을 투사함과 동시에, 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에 장착된 고정경 (참조경) (72a) (도 1 참조) 에 참조빔 (RIFY1R) 을 투사하고, 각각의 반사광을 수광함으로써, 그 계측빔 (RIFY1M) 의 투사위치에서의 고정경 (72a) 에 대한 레티를 스테이지 (RST) 의 Y 방향의 상대위치를 계속한다.

마찬가지로, 간섭계 (RIFY2) 는, 레티를 스테이지 (RST) 의 반사면 (40a) 에 계측빔 (RIFY2M) 을 투사함과 동시에, 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에 장착된 고정경 (참조경) (72a) (도 1 참조) 에 참조빔 (RIFY2R) 을 투사하고, 각각의 반사광을 수광함으로써, 그 계측빔 (RIFY2M) 의 투사위치에서의 고정경 (72a) 에 대한 레티를 스테이지 (RST) 의 Y 방향의 상대위치를 계속한다.

상기 2 개의 간섭계 (RIFY1, RIFY2) 의 계측빔 (RIFY1M, RIFY2M) 의 조사위치의 중심이 조명영역 (1A) 의 중심 (레티를 (R) 의 X 방향의 중심) 과 일치하도록 되어 있다. 따라서, 이들 2 개의 간섭계의 계측치의 평균치가 레티를 스테이지 (RST) 의 Y 방향위치를 양 계측치의 차이를 간섭계 측 간격으로 나눈 것이 레티를 스테이지 (RST) 의 회전각 (여기에서는 $\alpha 1$ 로 함) 을 부여한다. 이들 간섭계 (RIFY1, RIFY2) 의 계측치는, 주제어장치 (80) 에 공급되어 있고, 주제어장치 (80) 에서는 상기 평균치 및 회전각 ($\alpha 1$) 을 산출한다.

또한, 간섭계 (RIFX1) 는, 레티를 스테이지 (RST) 의 반사면 (40b) 에 계측빔 (RIFX1M) 을 투사함과 동시에, 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에 장착된 고정경 (참조경) (72b) 에 참조빔 (RIFX1R) 을 투사하고, 각각의 반사광을 수광함으로써 그 계측빔 (RIFX1M) 의 투사위치에서의 고정경 (72b) 에 대한 레티를 스테이지 (RST) 의 X 방향의 상대위치를 계속한다.

마찬가지로, 간섭계 (RIFX2) 는, 레티를 스테이지 (RST) 의 반사면 (40b) 에 계측빔 (RIFX2M) 을 투사함과 동시에, 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에 장착된 고정경 (참조경) (72b) 에 참조빔 (RIFX2R) 을 투사하고, 각각의 반사광을 수광함으로써 그 계측빔 (RIFX2M) 의 투사위치에서의 고정경 (72b) 에 대한 레티를 스테이지 (RST) 의 X 방향의 상대위치를 계속한다.

상기 2 개의 간섭계 (RIFX1, RIFX2) 의 계측빔 (RIFX1M, RIFX2M) 의 조사위치의 중심이 조명영역 (1A) 의 중심 (도 5 중의 점 P2 참조) 과 일치하도록 되어 있다. 따라서, 이들 2 개의 간섭계의 계측치의 평균치가 레티를 스테이지 (RST) 의 X 방향위치를, 양 계측치의 차이를 간섭계 측 간격으로 나눈 것이 레티를 스테이지 (RST) 의 회전각 (여기에서는 $\alpha 2$ 로 함) 을 부여한다. 이들 간섭계 (RIFX1, RIFX2) 의 계측치는 주제어장치 (80) 에 공급되고, 주제어장치 (80) 에서는 상기 평균치, 및 회전각 ($\alpha 2$) 을 산출한다. 이 경우, 주제어장치 (80) 에서는 상기 회전각 ($\alpha 1$, $\alpha 2$) 의 어느 한쪽, 또는 그 평균치 ($\alpha 1 + \alpha 2$)/2 를 레티를 스테이지 (RST) 의 θ 방향의 회전각으로서 산출한다.

간섭계 (WIFY1) 는, 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 반사면 (74a) 에 계측빔 (WIFY1M) 을 투사함과 동시에, 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에 장착된 고정경 (참조경) (76a) 에 참조빔 (WIFY1R) 을 투사하고, 각각의 반사광을 수광함으로써 그 계측빔 (WIFY1M) 의 투사위치에서의 고정경 (76a) 에 대한 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 Y 방향의 상대위치를 계속한다.

마찬가지로, 간섭계 (WIFY2) 는, 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 반사면 (74a) 에 계측빔 (WIFY2M) 을 투사함과 동시에, 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에 장착된 고정경 (참조경) (76a) 에 참조빔 (WIFY2R) 을 투사하고, 각각의 반사광을 수광함으로써 그 계측빔 (WIFY2M) 의 투사위치에서의 고정경 (76a) 에 대한 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 Y 방향의 상대위치를 계속한다.

상기 2 개의 간섭계 (WIFY1, WIFY2) 의 계측빔 (WIFY1M, WIFY2M) 의 조사위치의 중심이 조명영역 (1A) 의 중심에 대응하는 웨이퍼 상의 원호형상의 노광영역 (SA) (도 11 참조) 의 중심과 일치하도록 되어 있다. 따라서, 이들 2 개의 간섭계의 계측치의 평균치가 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 Y 방향위치를, 양 계측치의 차이를 간섭계 측 간격으로 나눈 것이 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 회전각 (여기에서는 $\beta 1$ 로 함) 을 부여한다. 이들 간섭계 (WIFY1, WIFY2) 의 계측치는, 주제어장치 (80) 에 공급되고, 주제어장치 (80) 에서는 상기 평균치 및 회전각 ($\beta 1$) 을 산출한다.

또한, 간섭계 (WIFX1) 는, 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 반사면 (74b) 에 계측빔 (WIFX1M) 을 투사함과 동시에, 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에 장착된 고정경 (참조경) (76b) 에 참조빔 (WIFX1R) 을 투사하고, 각각의 반사광을 수광함으로써 그 계측빔 (WIFX1M) 의 투사위치에서의 고정경 (76b) 에 대한 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 X 방향의 상대위치를 계속한다.

마찬가지로, 간섭계 (WIFX2) 는, 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 반사면 (74b) 에 계측빔 (WIFX2M) 을 투사함과 동시에, 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에 장착된 고정경 (참조경) (76b) 에 참조빔 (WIFX2R) 을 투사하고, 각각의 반사광을 수광함으로써 그 계측빔 (WIFX2M) 의 투사위치에서의 고정경 (76b) 에 대한 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 X 방향의 상대위치를 계속한다.

상기 2 개의 간섭계 (WIFX1, WIFX2) 의 계측빔 (WIFX1M, WIFX2M) 의 조사위치의 중심이 조명영역 (1A) 에 대응하는 노광영역 (SA) 의 중심과 일치하도록 되어 있다. 따라서, 이들 2 개의 간섭계의 계측치의 평균치가 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 X 방향위치를, 양 계측치의 차이를 간섭계 측 간격으로 나눈 것이 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 회전각 (여기에서는 $\beta 2$ 로 함) 을 부여한다. 이들 간섭계 (WIFX1, WIFX2) 의 계측치는, 주제어장치 (80) 에 공급되고, 주제어장치 (80) 에서는 상기 평균치, 및 회전각 ($\beta 2$) 을 산출한다. 이 경우, 주제어장치 (80) 에서는 상기 회전각 ($\beta 1$, $\beta 2$) 의 어느 한쪽, 또는 그 평균치 ($\beta 1 + \beta 2$)/2 를 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 θ 방향의 회전각으로 산출한다.

나아가, 본 실시형태에서는 도시는 생략하나, 레티를 스테이지 (RST), 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 피칭, 물량을 계속하는 피칭 간섭계와 물량 간섭계가 각각 형성되어 있고, 이들 간섭계의 계측치에 기초하여 주제어장치 (80) 에 의하여 웨이퍼 스테이지 (WST), 레티를 스테이지 (RST) 의 피칭 및 물량이 산출되도록 되어 있다.

도 1 로 되돌아가, 상기 8 개의 간섭계의 계속 기준이 되는 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 에는, 레티를 (R) 의 Z 방향의 위치를 계속하는 레티를면 측정용 레이저 간섭계 (RIFZ) 가 형성되어 있다. 이

레이저 간섭계 (RIFZ) 는, 실제로는 도 6 에 나타난 바와 같이, 레이저 간섭계 (RIFZ1, RIFZ2, RIFZ3) 의 3 개가 소정 간격으로 배치되고, 거울통 (PP) 에 고정되어 있으나, 도 1 (및 도 4) 에서는 이것들이 대표적으로 레이저 간섭계 (RIFZ) 로 나타나 있다.

이들 레이저 간섭계 (RIFZ1~RIFZ3) 에서 나온 측정빔은, 전환 미러 (M) 를 통하여 소정의 입사각 (θ) 으로 레티클 (R) 의 패턴면에 투사되는 노광용 조명광 (EL) 의 조사영역, 즉 원호형상의 조명영역 (IA) 내의 상이한 3 점에 노광용 조명광 (EL) 의 입사광로와 출사광로 (반사광로) 의 중심의 2 방향의 광로를 지나 레티클 (R) 의 패턴면에 투사되도록 되어 있다 (도 1 및 도 4 참조). 그래서, 레이저 간섭계 (RIFZ1, RIFZ2, RIFZ3) 는 레티클 (R) 의 패턴면에 소정의 입사각 (θ) 으로 경사지게 입사되고, 입사각과 동일한 출사각으로 반사되는 노광용 조명광 (EL) 에 영향을 주지 않고, 또한 노광용 조명광 (EL) 에 의하여 간섭계 측정빔이 영향을 받지 않고, 고정밀도 (예를 들어, 수 μm ~ 1 μm 이하의 정밀도) 로 레티클 (R) 의 2 방향위치를 계속할 수 있게 되어 있다.

레이저 간섭계 (RIFZ1~RIFZ3) 로는, 여기에서는 본체 내에 도시하지 않은 참조경이 내장된 참조경내장 타입의 것이 사용되고, 그 참조경의 위치를 기준으로 하여 레티클 (R) 상의 측정빔의 조사위치의 2 방향 위치를 각각 계속한다. 이 경우, 도 5 에 나타내어진 조명영역 (IA) 내의 점 (P1) 의 위치에 레이저 간섭계 (RIFZ1) 에서 나온 측정빔이 투사되고, 점 (P2) 의 위치에 레이저 간섭계 (RIFZ2) 에서 나온 측정빔이 투사되고, 점 (P3) 의 위치에 레이저 간섭계 (RIFZ3) 에서 나온 측정빔이 투사되도록 되어 있다. 점 (P2) 은, 조명영역 (IA) 의 중심, 즉 패턴영역 (PA) 의 X 방향의 중심축 상의 점에서 또한 조명영역 (IA) 의 Y 방향의 중심점이고, 점 (P1, P3) 은 상기 중심축에 관하여 대칭 위치에 있다.

이들 3 개의 레이저 간섭계 (RIFZ1~RIFZ3) 의 계속치는, 주제어장치 (80) 에 입력되도록 되어 있고 (도 10 참조), 주제어장치 (80) 에서는 이들 3 개의 계속치에 기초하여 후술하는 바와 같이 하여 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (34) 를 통하여 레티클 스테이지 (RST), 즉 레티클 (R) 의 2 위치 및 경사 (피칭, 롤링) 를 보정하도록 되어 있다.

또한, 본 실시형태에서는 전술한 바와 같이, 레티클면측정용 레이저 간섭계 (RIFZ) 외에 레티클 스테이지 (RST) 의 피칭 및 롤링을 계속하는 피칭 간섭계와 롤링 간섭계가 형성되어 있기 때문에, 레티클 (R) (레티클 스테이지 (RST) 의 피칭, 롤링을 보다 고정밀도로 제어하기 위해서는 주제어장치 (80) 에서는 레이저 간섭계 (RIFZ1~RIFZ3) 의 계속치와 상기 피칭 간섭계 및 롤링 간섭계의 계속치에 기초하여, 레티클 패턴면의 요철에 기인하는 오차 (이것은 무시할 수 있을 정도로 작다) 를 보정하도록 할 수도 있다.

그 한편, 거울통 (PP) 을 기준으로 하는 웨이퍼 (W) 의 2 방향위치는, 투영광학계 (P0) 에 고정된 경사입사광식의 포커스 센서 (14) 에 의하여 계속되도록 되어 있다. 이 포커스 센서 (14) 는, 도 1 에 나타난 바와 같이, 거울통 (PP) 을 유지하는 도시하지 않은 칼럼에 고정되고, 웨이퍼 (W) 면에 대하여 경사방향에서 검출 빔 (FB) 을 조사하는 송광계 (14a) 와 마찬가지로 도시하지 않은 칼럼에 고정되어 웨이퍼 (W) 면에서 반사된 검출 빔 (FB) 을 수광하는 수광계 (14b) 로 구성된다. 이 포커스 센서로는, 예를 들어 일본 공개특허공보 평6-283403 호 및 이에 대응하는 미국특허 제 5,448,332 호 등에 개시된 다점초점위치검출계가 사용되고 있다. 본 국제출원에서 지정한 지정국 또는 선택된 지정국의 국내법령이 허용하는 한도 내에서, 상기 공보 및 미국특허에 있어서의 개시를 인용하여 본 명세서 기재의 일부로 한다. 이 포커스 센서 (14) (14a, 14b) 는 거울통 (PP) 과 일체적으로 고정되는 것이 중요하다.

지금까지의 설명에서 알 수 있듯이, 본 실시형태에서는 레티클 (R) 의 XYZ 3 차원 방향의 위치가 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 을 기준으로 하여 계속되고, 또한 웨이퍼의 XYZ 3 차원 방향의 위치가 투영광학계 (P0) 의 거울통 (PP) 을 기준으로 하여 계속되므로, 투영광학계 (P0) 와 레티클 스테이지 (RST) 와 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 3 자는 동일한 지지부재로 지지될 필요가 없고, 각각이 별도의 지지부재에 의하여 지지되어도 상관없다. 즉, 투영광학계 (P0), 레티클 스테이지 (RST) 및 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 3 자간에 기계적 접촉은 전혀 없어도 된다. 또한, 전술한 간섭계 시스템 (70) 을 구성하는 각 간섭계의 본체도, 거울통 (PP) 에 장착된 각각의 고정경을 참조하여 계속하므로, 투영광학계 (P0), 레티클 스테이지 (RST), 웨이퍼 스테이지 (WST) 와 기계적 접촉은 필요 없다.

나아가, 본 실시형태에서는, 투영광학계 (P0) 의 측면에 도 1 에 나타난 바와 같이 상기 얼라인먼트 광학계 (AL6) 가 고정되어 있다. 이 얼라인먼트 광학계 (AL6) 로는, 브로드밴드광을 웨이퍼 (W) 상의 얼라인먼트 마크 또는 공간상 계속기 (FM) 에 조사하고, 그 반사광을 수광하여 화상처리방식으로 마크검출을 행하는 결상식 얼라인먼트 센서, 레이저광을 격자 마크에 조사하여 회절광을 검출하는 LIA (Laser Interferometric Alignment) 방식의 얼라인먼트 센서 또는 FM (원자간력 현미경) 과 같은 주사형 프로브 현미경 등 여러 가지의 것을 사용할 수 있다. 여기에서는, 얼라인먼트 광학계 (AL6) 로서, 초점검출계가 장치된 화상처리방식의 결상식 얼라인먼트를 사용하기로 한다. 이러한 초점검출계가 장치된 결상식 얼라인먼트 센서는, 예를 들어 일본 공개특허공보 평7-321030 호 및 이에 대응하는 미국특허 제 5,721,605 호 등에 개시되어 있다. 본 국제출원에서 지정한 지정국 또는 선택된 선택국의 국내법령이 허용하는 한도 내에서, 상기 공보 및 미국특허에 있어서의 개시를 인용하여 본 명세서의 기재의 일부로 한다.

도 10 에서는, 지금까지 각각의 위치에서 설명한, 웨이퍼 (W) (웨이퍼 스테이지 (WST)) 및 레티클 (R) (레티클 스테이지 (RST)) 의 위치 및 자체제어에 관련되는 제어계의 구성이 개략적으로 블록도면에 도시되어 있다. 이 도 10 에 나타내어진 제어계의 내, 주제어장치 (80) 는 매크로 컴퓨터 (또는 워크스테이션) 에 의하여 구성되고, 기억장치로서의 메모리 (RAM) (81) 가 내장되어 있다. 본 실시형태에서는 주제어장치 (80) 및 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (34, 62) 에 의하여 구동장치가 구성되어 있다.

다음으로, 전술한 바와 같이 구성된 본 제 1 의 실시형태에 관계되는 노광장치 (10) 에 의한 제 2 송패 (세컨드 레이저) 이후의 노광공정의 동작에 대하여 설명하기로 한다.

먼저, 도시하지 않은 레티클 반송계에 의하여 레티클 (R) 이 반송되고, 로딩 포지션에 있는 레티클 스테이지 (RST) 의 레티클 홀더 (RH) 에 흡착 유지된다. 또한, 도시하지 않은 웨이퍼 반송계 및 웨이퍼 스테이지 (WST) 상의 도시하지 않은 웨이퍼 수도(受渡) 기구에 의하여 웨이퍼 (W) 가 웨이퍼 스테이지 (WST) 상에 놓인다. 이러한 준비작업의 완료에 의하여, 도 12 의 플로우차트로 나타내어지는 시퀀스

가 개시한다.

(스텝 100)

먼저, 주제어장치 (80)에서는 웨이퍼 스테이지 (WST)의 웨이퍼 (W)의 각 소트영역에 부설된 웨이퍼 얼라인먼트 마크내의 미리 정한 샘플 대상을 대상으로 되어 있는 웨이퍼 얼라인먼트 마크 (H)의 소트에 대해서 1개 또는 복수의 위치검출을, 웨이퍼 스테이지 (WST)를 순차적으로 이동시키면서 얼라인먼트 광학계 (AL6)를 사용하여 행한다. 이 마크위치의 검출 시, 주제어장치 (80)에서는 웨이퍼 (W) 표면의 Z 위치를 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 초점위치로 제어한다. 그리고, 샘플소트의 웨이퍼 얼라인먼트 마크의 위치검출이 종료되면, 주제어장치 (80)에서는, 이들 데이터를 사용하여, 예를 들어 일본 공개특허공보 소하-44429 호 및 이에 대응하는 미국특허 제4,780,617 호 등에 개시된 최소 2 승법을 사용한 통계학적 수법을 사용하여 웨이퍼 (W) 상의 모든 소트영역의 배열좌표를 구한다 (이하, 이 얼라인먼트 수법을 「EGA (인핸스드 글로벌 얼라인먼트)」라고 하기로 함). 또한, 주제어장치 (80)에서는 상기 소트 내의 복수 개의 웨이퍼 얼라인먼트 마크의 위치검출 데이터를 사용하여 예를 들어 일본 공개특허공보 평6-275496 호 및 이에 대응하는 미국특허출원 제 569,400 호 (출원일: 1995년 12월 8일) 등에 개시된 최소 2 승법을 이용한 통계학적 수법을 사용하여 웨이퍼 (W) 상의 모든 소트영역의 배열좌표 및 각 소트의 배열을 포함하는 변형량을 구한다 (이하, 이 얼라인먼트 수법을 「소트 내 다점 EGA」라고 하기로 함). 본 국제출원에서 지정한 지정국 또는 선택된 선택국의 국내법령이 허용하는 한도내에서, 상기 각 공보 및 이것들에 대응하는 상기 미국특허 및 상기 미국특허출원에 있어서의 개시된 것을 인용하여 본 명세서의 기재의 일부로 한다.

(스텝 102)

이렇게 하여, 얼라인먼트 계속이 종료되면 상기 EGA의 결과에서 알 수 있는 소트간격, 또는 상기 소트내 다점 EGA의 결과에서 알 수 있는 소트 사이즈에 기초하여 소트의 배열변화 (X, Y 스케일링)를 계산하고, 그 배열변화량에 따라서 레티를 패턴의 상의 X 방향 (제 2 방향)의 크기를 정확하게 웨이퍼 (W)의 소트영역의 크기에 일치시키기 위한 투영배율의 제어량, 즉 레티를 (R)의 방향구동량을 산출하고, 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (34)를 통하여 레티를 (R)을 상기 산출한 양만 Z 방향 (상하방향)으로 구동한다. 예를 들어, 소정의 배열에서 10 ppm 확대하는 경우, 레티를 (R)을 40 μ m 만큼 투영광학계 (P0)에서 떨어진 방향으로 구동한다.

(스텝 104)

상기 레티를 (R)의 Z 방향에 의하여, 투영배율의 변동 및 레티를 패턴 이미지의 투영영역의 위치편차가 발생하므로, 이 스텝 (104)에서, 주제어장치 (80)에서는, 다음과 같이 하여 베이스라인계측, 및 투영배율을 계속한다.

주제어장치 (80)에서는 구동기구 (46)를 통하여 슬릿판 (44)을 노광용 조명광 (EL)이 제 2 슬릿 (44b)을 조사할 수 있는 위치 (제 2 위치)로 전환한다. 이어서, 주제어장치 (80)에서는 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (62, 34)를 통하여 웨이퍼 스테이지 (WST) 및 레티를 스테이지 (RST)의 위치를 제어하고, 레티를 (R) 상에 묘화된 레티를 얼라인먼트 마크 (RM1, RM4, RM2, RM5, RM3, RM6)를 순차적으로 각 2 개 노광용 조명광 (EL)으로 조사함과 동시에, 레티를 얼라인먼트 마크 (RM1, RM4, RM2, RM5, RM3, RM6)의 웨이퍼 (W) 면상에 대한 투영상을, 공간상 계측기 (FM)의 슬릿 (SLT1, SLT2)를 각각 통하여 검출함으로써, 레티를 패턴 이미지의 웨이퍼 (W) 면상에 대한 투영위치를 구한다. 즉, 레티를 얼라인먼트를 행한다. 이 레티를 얼라인먼트를 위하여, 공간상 계측기 (FM)를 사용하여 상기 투영상을 검출할 때에는, 주제어장치 (80)에서는 레티를 (R)의 Z 구동에 의하여 공간상 계측기 (FM)로 얻어지는 상에 흐림이 발생하지 않도록, 레티를 (R)의 Z 구동량에 대응한 오프셋을 포커스센서 (14)에 부여하여 공간상 계측기 (FM)표면을 투영광학계 (P0)의 초점위치로 제어한다. 구체적으로는, 주제어장치 (80)에서는, 레티를 (R)을 40 μ m 만큼 투영광학계 (P0)에서 떨어진 방향으로 구동한 경우에는, 투영배율이 1/4 이므로, $40 \times 1/16 = 2.5 \mu$ m의 오프셋을 포커스센서 (14)에 부여하고, 이 포커스센서 (14)의 출력에 기초하여 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (62)를 통하여 웨이퍼 스테이지 (WST)의 Z 위치를 피드백제어하고 웨이퍼 (W)를 2.5 μ m 만큼 투영광학계 (P0)에 접근시킨다.

다음으로, 주제어장치 (80)에서는, 공간상 계측기 (FM)의 슬릿 (SLT1 또는 SLT2)이 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 바로 아래에 위치하도록 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (62)를 통하여 웨이퍼 스테이지 (WST)를 이동함과 동시에, 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 초점위치에 공간상 계측기 (FM)표면의 Z 위치를 조정한다. 그리고, 주제어장치 (80)에서는 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 검출신호 및 그와의 간섭계 시스템 (70)의 계측치에 기초하여, 간접적으로 레티를 (R)의 패턴이미지의 웨이퍼 (W) 면상에 대한 투영위치와 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 상대위치, 즉 베이스 라인량을 구하고 그 연산결과를 메모리 (81)에 기억시킨다. 또한, 공간상 계측기 (FM)의 슬릿 (SLT1, SLT2)의 한 가운데 위치에 별도의 기준 마크를 형성하고, 이 기준 마크를 얼라인먼트 광학계 (AL6)로 검출함으로써 베이스 라인량을 구할 수도 있다. 이러한 경우에는, 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 검출결과와, 베이스 라인량의 설계치에 기초하여 베이스 라인량을 거의 정확하게 구할 수 있다.

또한, 이 스텝 (104)에 있어서, 주제어장치 (80)에서는, 상기 레티를 얼라인먼트 시에, 공간상 계측기 (FM)의 슬릿 (SLT1, SLT2)를 각각 통하여 검출된 레티를 (R) 상에 비주사방향 및 배치된 레티를 얼라인먼트 마크 RM1 과 RM4 (RM3 과 RM5, 또는 RM3 과 RM6)의 웨이퍼면 상에 대한 투영상의 간격에 기초하여 투영배율을 구한다.

(스텝 106)

이 스텝 106에 있어서, 주제어장치 (80)에서는 상기 스텝 (104)의 배열계측의 결과에 기초하여, 목표하는 배열조정량, 위의 예에서는 10 ppm에 대하여 투영배율의 조정잔류오차가 허용치 (예를 들어 0.2 ppm) 이하가 되는지의 여부를 판단한다. 그리고, 이 스텝 106에서의 판단이 부정된 경우, 즉 투영배율의 조정잔류오차가 허용치를 초과한 경우, 주제어장치 (80)에서는 투영배율을 재설정하기 위하여, 스텝 102로 되돌아가, 다시 레티를 (R)을 Z 방향으로 구동시킨 후 상기처리·판단을 반복한다. 한편

스텝 106.에서의 판단이 긍정적인 경우, 즉 투영배율의 조정잔류오차가 허용치 이상으로 되어 있으면, 주 제어장치 (80)에서는 구동기구 (46)를 통하여 슬릿판 (44)을 제 1 슬릿 (44a)에 노광용 조명광 (EL)이 조사되는 위치 (제 1 위치)로 전환한 후, 다음의 스텝 108로 이행한다.

(스텝 108).

이 스텝 108에 있어서, 주 제어장치 (80)에서는 다음과 같이 하여 스텝 앤드 스캔 방식의 노광을 EUV 광을 노광용 조명광 (EL)으로서 사용하여 행한다. 즉, 주 제어장치 (80)에서는 위에서 구한 웨이퍼 (W)상의 각 소트영역의 위치정보에 따라서, 간섭계 시스템 (70)에서의 위치정보를 모니터링하면서 자기부상형 2차원 리니어 액추에이터 (62)를 통하여 웨이퍼 스테이지 (WST)를 제 1 소트내 주사개시위치에 위치결정함과 동시에, 자기부상형 2차원 리니어 액추에이터 (34)를 통하여 레티클 스테이지 (RST)를 주사개시위치에 위치결정하여 그 제 1 소트를 주사노광한다. 이 주사노광 시에, 주 제어장치 (80)에서는 자기부상형 2차원 리니어 액추에이터 (34, 62)를 통하여 레티클 스테이지 (RST)와 웨이퍼 스테이지 (WST)와의 속도비가 투영광학계 (P0)의 투영배율에 정확히 일치하도록 양 스테이지의 속도를 제어하고, 양 스테이지가 걸리는 속도비의 동속동기상태에서 노광 (레티클 패턴의 전사)을 행한다. 주사 중에 레티클 (R)이 상하 운동하나, 그것을 간섭계 (RIFZ)로 모니터링하고, 레티클 (R)의 Z 위치, 경사가 초기위치로 유지된다. 즉 배율의 잔류오차가 허용치 이하로 유지되도록 레티클 스테이지 (RST)의 이동을 제어한다. 이로써, 이 주사노광 중의 주사방향 (제 1 방향)의 레티클 패턴 이미지의 투영배율이 제어된다. 이렇게 하여 제 1 소트의 주사노광이 종료되면, 웨이퍼 스테이지 (WST)를 제 2 소트의 주사개시위치로 이동시키는 소트간의 스테핑 동작을 행한다. 그리고 그 제 2 소트의 주사노광을 전술한 것과 동일하게 행한다. 이 경우, 레티클 스테이지 (RST)를 되돌리는 동작을 생략하여 스루풋의 향상을 도모하고, 제 1 소트와 제 2 소트의 주사노광의 방향은 반대로 하고, 즉 제 1 소트의 노광이 Y 축상의 일측에서 타측으로 향하여 이루어진 경우에는, 제 2 소트의 노광은 타측에서 일측으로 향하여 이루어진다. 즉 상호 스캔이 이루어진다. 이렇게 하여, 소트간의 스테핑 동작과 소트의 주사노광동작이 반복되고, 스텝 앤드 스캔 방식으로 웨이퍼 (W)상의 모든 소트영역에 레티클 (R)의 패턴이 전사된다. 도 11에는, 이렇게 하여 레티클 패턴이 웨이퍼 (W)상의 복수의 소트영역 (S)에 전사되는 양태가 나타내어져 있다. 도 11의 경우에는, 1 장의 웨이퍼에서 효율적이고 완전한 형태의 소트가 얻어지도록 1 행 내에 수납되는 소트수를 적절히 짝수, 홀수로 하고 있다.

이상과 같이 하여, 주사노광 (10)에 의한, 1 장의 투영광학계 (P0)에 일체적으로 장착된 포커스센서 (14a, 14b)에 대한 일련의 처리공정이 종료된다.

상기 주사노광 중 또는 얼라인먼트 중에는, 투영광학계 (P0)에 일체적으로 장착된 포커스센서 (14a, 14b)에 의하여 웨이퍼 (W)표면과 투영광학계 (P0)의 간격, XY 평면에 대한 경사가 계속되고, 주 제어장치 (80)에 의하여 자기부상형 2차원 리니어 액추에이터 (62)를 통하여 웨이퍼 (W)표면과 투영광학계 (P0)와의 간격, 평행도가 항상 일정해지도록 웨이퍼 스테이지 (WST)가 제어된다. 단, 주사노광 중에는 투영광학계 (P0)의 초점위치에, 또한 얼라인먼트 중에는 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 초점위치에 웨이퍼 (W)표면의 Z 위치 목표치가 설정된다.

또한, 주 제어장치 (80)에서는, 레티클면측정용 레이저 간섭계 (RIFZ1, RIFZ2, RIFZ3)의 적어도 하나에 의하여 계속된 소정의 조정을 위치정보에 기초하여, 노광 중 (레티클 패턴의 전사 중)의 투영광학계 (P0)와 레티클 (R)의 패턴면과의 간격이 항상 일정하게 유지되도록, 자기부상형 2차원 리니어 액추에이터 (34)를 제어하여 레티클 (R)의 투영광학계 (P0)의 광축방향 (Z 방향)의 위치를 조정하면서 레티클 스테이지 (RST)와 기판 스테이지 (WST)를 Y 축 방향을 따라서 동기이동시킨다. 이 경우, 주 제어장치 (80)에서는 레티클 스테이지 (RST)와 웨이퍼 스테이지 (WST)와의 동기이동시, 레티클 스테이지 (RST)의 이동방향이다. 예를 들어 제 1 소트와 제 2 소트에서, 레티클면측정용 레이저 간섭계 (RIFZ1, RIFZ2, RIFZ3)의 적어도 1개에 의하여 계속된 제 1의 조정을 위치정보 및 제 2의 조정을 위치정보 내의 이동방향에 대응하는 쪽의 조정을 위치정보를 사용하여 레티클 스테이지 (RST)의 Z 방향위치를 조정하도록 할 수도 있다. 주 제어장치 (80)에서는, 주사 중에 레티클면측정용 레이저 간섭계 (RIFZ1, RIFZ2, RIFZ3)의 적어도 2개를 사용하여 레티클 (R)의 경사를 조정하도록 할 수도 있다. 또한, 리얼타임 보정이 아니고, 미리 레티클 (R)상하 운동을 계속해 놓고, 그 계속치와 간섭계에 의하여 레티클 (R)의 Z 위치 및 경사를 제어할 수도 있다.

따라서, 본 실시형태에 의하면, 주사노광에 의하여 레티클 (R)의 패턴의 전체 면이 웨이퍼 (W)상에 순차적으로 전사되고, 이 때 조절용 위치정보에 기초하여 레티클 (R)의 투영광학계의 광축방향의 위치가 조정되므로, 투영광학계 (P0)의 레티클 측이 비-텔레센트릭임에도 불구하고, 주사노광 중의 레티클 (R)의 광축방향변위에 기인하여 웨이퍼 (W)상의 패턴의 전사상에 배율오차 또는 위치편차가 발생하는 것을 효과적으로 억제할 수 있고, 결과적으로 중첩 정밀도의 향상을 도모할 수 있게 된다. 또한, 레티클 스테이지 (RST)가 Y 축을 따라서 일측에서 타측으로 이동할 때와, 타측에서 일측으로 이동할 때, 동기이동 중의 레티클 (R)의 Z 방향의 위치변위가 매카닉적 요인 (스테이지의 이동특성) 또는 제어특성 등으로 상이한 경우에도 그 영향을 받지 않고, 고정밀도로 레티클 (R)의 Z 위치조정을 행할 수 있고, 레티클 (R)의 Z 방향변위에 기인하여 웨이퍼 (W)상의 패턴의 전사상에 배율오차 또는 위치편차가 발생하는 것을 보다 효과적으로 제어할 수 있다.

이상에서 상세히 설명한 바와 같이, 본 제 1의 실시형태에 의하면, 광원장치 (12) 및 조명광학계 (M, 44)로 이루어지는 조명계에 의하여 레티클 (R)에 대하여 노광용 조명광 (EL)이 경사지게 조사되면, 레티클 (R)에서 출사된 노광용 조명광이 투영광학계 (P0)에 의하여 웨이퍼 (W)상에 투사되고, 노광용 조명광 (EL)에서 조명된 레티클 (R)상의 영역의 패턴이 웨이퍼 (W)상에 전사된다. 이 레티클 패턴의 전사시에는, 구동장치 (80, 34, 62)가 투영광학계 (P0)의 투영배율에 따른 속도비로 레티클 (R)과 웨이퍼 (W)를 동기이동한다. 이로써, 레티클 (R)의 패턴의 전체 면이 웨이퍼 (W)상의 소트영역에 전사된다.

이 레티클 패턴의 전사에 앞서, 주 제어장치 (80)에서는 얼라인먼트 광학계 (AL6)를 사용하여 웨이퍼 (W)상의 얼라인먼트 마크를 검출하고, 이 마크 검출결과에 기초하여 웨이퍼의 신축량을 구하고, 이에 따라서 레티클 (R)을 Z 방향으로 구동시켜 투영광학계 (P0)의 비주사방향의 투영배율을 조정 (변경)

한다. 또한, 주사방향의 투영배율은 주사노광시의 레티클 스테이지와 웨이퍼 스테이지의 동기속도비를 조정함으로써 실현된다.

상기 투영배율의 변경 후, 주제어장치 (80)에서는 웨이퍼 스테이지 (WST) 상의 공간상 계측기 (FM)를 사용하고, 슬릿 (SLT1, SLT2)(일종의 기준 마크)를 통하여 레티클 얼라인먼트 마크 (RM1 ~ RM6)의 공간상을 검출함으로써 상기 슬릿 (SLT1, SLT2)과 레티클 패턴 이미지의 웨이퍼 스테이지 (WST) 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계를 검출함과 동시에, 상기 슬릿 (SLT1)(또는 SLT2)을 얼라인먼트 광학계 (AL6)를 사용하여 검출한다. 즉, 투영광학계 (P0)의 투영배율이 변경되었을 때, 주제어장치 (80)의 하위 ① 웨이퍼 스테이지 상의 기준 마크 (SLT1, SLT2)와 레티클 (R)의 패턴 이미지의 웨이퍼 스테이지 (WST) 상에 대한 투영위치와의 상대위치관계, 및 ② 웨이퍼 스테이지 (WST) 상의 기준 마크 (SLT1)(또는, SLT2)와 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 검출 중심과의 위치관계가 검출된다. ①, ②의 검출결과에서, 결과적으로 레티클 (R)의 패턴 이미지의 웨이퍼 스테이지 (WST) 상에 대한 투영위치와 얼라인먼트 광학계 (AL6)의 검출 중심과의 위치관계, 즉 이른바 배이스 라인량이 구해진다. 따라서, 투영배율의 변경에 따른 레티클 패턴 이미지의 웨이퍼 (W) 상에 대한 투영위치의 위치편차를 보정할 수 있고, 투영배율의 변경에 따른 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분한 레벨에서 억제할 수 있게 된다.

또한, 본 실시형태에 의하면, 조명계 (12, M, 44)는, 조명광 (EL)으로서 파장 5 ~ 15 nm 사이의 EUV 광을 레티클 (R)에 조사하고, 투영광학계 (P0)로서 복수의 반사광학소자 (M1 ~ M4)만으로 이루어지는 반사광학계가 사용되기 때문에, EUV 광을 사용하여 레티클 패턴이 투영광학계 (P0)를 통하여 웨이퍼 (W)에 전사되므로, 매우 미세한 패턴, 예를 들어 100 nm/L/S 패턴의 고정밀도 전사가 가능하다.

또한, 본 실시형태에 의하면, 간섭계 시스템 (70)이 레티클 스테이지 (RST)와 웨이퍼 스테이지 (WST)의 투영광학계 (P0)에 대한 XY 면내의 상대위치를 계속하고, 레티클 (R)의 투영광학계 (P0)에 대한 Z 방향의 상대위치가 레이저 간섭계 (RIFZ)에 의하여 계속되고, 또한 웨이퍼 (W)의 투영광학계 (P0)에 대한 Z 방향의 상대위치가 포커스 센서 (14)에 의하여 계속되도록 되어 있기 때문에, 레티클 스테이지 (RST)와 웨이퍼 스테이지 (WST)와 투영광학계 (P0)가 별도의 지지부재에 지지되어 있어도 아무런 지장도 없다. 이 때문에, 레티클 스테이지 (RST)와 웨이퍼 스테이지 (WST)와 투영광학계 (P0)가 기계적으로 연결될 필요가 없으므로, 레티클 스테이지 (RST), 웨이퍼 스테이지 (WST)의 이동시의 가감속도에 의한 반력 또는 각각의 스테이지의 지지부재의 진동이 투영광학계 (P0)의 결상특성에 악영향을 미치거나, 일방의 스테이지의 이동시의 가감속도에 의한 반력이 지지부재를 통하여 타방의 스테이지의 움직임에 악영향을 주지도 않는다.

또한, 본 실시형태에 의하면, 조명광학계내의 슬릿판 (44)은, 레티클 패턴의 일부에 조명광 (EL)을 조사하는 제 1 슬릿 (44a)과, 레티클 얼라인먼트 마크에 조명광 (EL)을 조사하는 제 2 슬릿 (44b)을 가지고, 조명광 (EL)에 대하여 제 1 슬릿 (44a)과 제 2 슬릿 (44b)을 전환하는 구동기구 (46)가 형성되어 있는 점에서, 동일한 슬릿판 (44)에 의하여 노광시 및 얼라인먼트시의 각각에 적절한 조명영역을 설정할 수 있게 된다. 또한, 이 경우, 슬릿판 (44)이 없는 경우에 비하여 조명광학계에서 레티클 (R)을 향하여 조사되는 조명광의 단면형상 자유도가 증대되고, 이에 따라서 조명광학계를 구성하는 광학소자의 설계 자유도가 향상된다.

또한, 본 실시형태에서는 노광용 조명광 (EL)이 면 X 선 영역의 광이고, 웨이퍼 스테이지 (WST) 상에 형광발생물질 (63)과, 이 표면에 노광용 조명광 (EL)의 반사층 (64)의 박막에 의하여 형성된 슬릿 (SLT1, SLT2)과, 이 슬릿 (SLT1, SLT2)을 통하여 노광용 조명광 (EL)이 형광발생물질 (63)에 도달할 때, 형광발생물질 (63)이 발하는 광을 광전변환하는 광전변환소자 (PM)를 가지는 위치검출계로서의 공간상 계측기 (FM)를 구비하는 점에서, 통상 면 X 선 영역의 광을 투과하는 물질은 존재하지 않음에도 불구하고, 이러한 광을 노광용 조명광으로 사용하는 경우에도 그 노광용 조명광을 사용하여 공간상의 계측이 가능해지고, 이 공간상 계측기 (FM)를 사용하여 레티클 패턴의 웨이퍼 스테이지 (WST) 상에서의 투영위치를 용이하게 구할 수 있게 된다.

또한 본 실시형태에서는, 레티클 (R)의 패턴이 EUV 광 (EL)의 반사층 상에 막형성된 EUV 광 (노광용 조명광 (EL))의 흡수물질에 의하여 형성되어 있는 점에서, 노광용 조명광인 면 X 선 영역의 광의 반사물질로 이루어지는 다층막을 패턴화하는 경우와 달리, 실패한 경우의 패턴수복이 가능해진다. 또한 상기 흡수물질의 재료를 적당하게 선택함으로써, 상기 노광용 조명광의 반사층과 흡수물질을 간섭계 (RIFZ)의 측정 빔 (예를 들어, 가시영역의 광)에 대해서 거의 동일한 반사율로 설정할 수 있고, 레티클 (R) 상의 전체 면에서 거의 동일한 정밀도로 레티클 (R)의 Z 축 방향 위치를 계속할 수 있게 된다.

또한, 상기 실시형태에서는 슬릿판 (44)을 사용하여 원호형상의 조명영역 (1A)을 규정하는 경우에 대하여 설명하였으나, 이에 한정되지 않고 조명광학계를 구성하는 각 광학부재가 조명광 (EL)이 원호형상의 형태가 되도록 설계되어 있으면 레티클 (R) 바로 아래의 슬릿판 (44)은 반드시 형성할 필요는 없다.

또한, 레티클 (R) 얼라인먼트 마크는 RM1 ~ RM6의 위치가 아니고, 도 5 중의 RM7 ~ RM12의 위치로 할 수도 있다. 이러한 경우에는, 슬릿판 (44)으로서 제 1 슬릿판 (44a)만을 가지는 슬릿판이 있으면 되고, 또한 구동기구 (46)는 필요가 없다. 또는, 레티클 얼라인먼트 마크를 RM1 ~ RM12의 전체 위치에 형성하고, 이를 전체를 이용할 수도 있다.

지금까지 설명에서 알 수 있는 바와 같이, 본 실시형태에서는, 투영배율의 변경을 레티클 (R)의 투영광학계 (P0)의 광축방향 구동에 의하여 실현되는 배율변경장치가, 레티클면 계측용 레이저 간섭계 (RIFZ), 자기부상형 2차원 리니어 액츄에이터 (36), 및 주제어장치 (80)에 의하여 구성되어 있다. 그러나, 본 발명은 여기에 한정되지 않는다. 즉, 본 발명에 관계되는 배율변경장치를, 예를 들어 투영광학계 (P0)를 구성하는 일부의 미러의 곡률을 부분적으로 조정하거나, 또는 미러 간격을 조정함으로써 투영광학계 (PL)의 광학특성을 변경하는 장치에 의하여 구성할 수도 있다.

도 13에는, 이런 종류의 광학특성 변경장치 (59)가 형성된 투영광학계 (P0)의 일례가 레티클 스테이지 (RST) 및 웨이퍼 스테이지 (WST)와 함께 나타내어져 있다. 이 도 13에 있어서, 제 1 미러 (M1)는 금속제이고, 그 표면에는 2 종류의 물질을 번갈아 증착시킨 다층막에 의하여 EUV 광에 대한 반사율이 형성되어 있다. 이 제 1 미러 (M1)에는, 그 반사면의 곡률을 부분적으로 변경하는 변경장치 (59)가

병설되어 있다. 이 변경장치 (59) 는, 예를 들어 제 1 미러 (M1) 의 반사면의 이면측의 일부를 누르거나 잡아당기는 구동축을 구비한 기구에 의하여 구성할 수 있다. 이러한 변경장치 (59) 를 구비한 노광장치에 본 발명을 적용하는 경우에는 레티클 (R) 과 웨이퍼 (W) 를 동기이동시켜, 레티클 (R) 의 패턴을 투영광학계 (P0) 를 통하여 웨이퍼 (W) 상에 전사하기에 앞서, 변경장치 (59) 에 의하여 투영광학계 (P0) 와 광학특성을 조정한다. 그리고 레티클 패턴의 웨이퍼 (W) 에 대한 전사시에는, 상기 광학특성의 조정에 기인하여 발생하는, 투영광학계 (P0) 의 이미지 필드 내에서의, 패턴 이미지의 투영영역의 시프트를 보상하도록, 레티클 (R) 과 웨이퍼 (W) 의 동기이동 중에 있어서의 패턴 이미지의 투영영역과 웨이퍼와의 위치관계를 조정하면 된다. 이 위치관계의 조정은, 상기 실시형태와 동일하게, 광학특성의 조정후에 베이스 라인계측을 행하여 투영광학계 (P0) 의 이미지 필드 내에서의 패턴 이미지의 투영영역의 시프트량을 구한 결과에 기초하여 실시할 수도 있고, 또는 미리 광학특성의 조정량과 상기 패턴 이미지의 투영영역의 시프트량과의 관계를 기초하여 계산함으로써, 상기 시프트량 또는 베이스 라인량의 변동량을 구하고, 이 결과에 기초하여 웨이퍼 (W) 의 각 소트영역의 노광을 위한 주사개시위치를 조정하도록 할 수도 있다. 이로써 광학특성의 조정에 수반되는 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분히 억제할 수 있다.

또한, 레티클 패턴의 웨이퍼 상에 대한 투영배율 등의 결상특성을 포함하는 투영광학계의 광학특성을 변화시키는 방법으로서, 예를 들어 레티클의 온도를 변화시켜 배율을 제어할 수도 있다. 이러한 수법에 의하여 투영배율 등을 변화시킨 경우에도, 본 발명을 적용하여 베이스 라인계측을 할 수도 있고, 이러한 경우에도 투영배율 등의 변화에 기인하는 패턴 이미지의 위치편차를 보정할 수 있다.

또한, 상기 실시형태에서는 웨이퍼 얼라인먼트의 결과에 기초하여, 투영배율을 제어하는 경우에 대해서는 설명하였으나, 이에 한정되지 않고 사전에 노광조건 설정필드에 들어가 있는 투영배율에 기초하여 투영배율을 제어하는 경우, 또는 노광 중에 레티클의 온도가 노광광 등에 의하여 상승해버렸을 때, 그 레티클의 열팽창량에 따라서 배율을 제어하는 경우 등에도, 그 배율제어를 위하여 레티클을 상하시키는 경우에는, 그에 따라서 상기와 동일하게 베이스 라인량을 보정함으로써 배율의 변경에 따른 패턴 이미지의 위치편차를 보정할 수 있게 된다.

또한, 상기 실시형태에서는, 마크검출계로서 오프엑시스의 얼라인먼트 광학계를 사용하는 경우를 예시하였으나, 본 발명이 이에 한정되지 않는 것은, 노광위치와 얼라인먼트 빔의 조사위치가 상이하면, TTL (Through The Lens) 방식, TTR (Through The Reticle) 방식 등의 온엑시스의 얼라인먼트 광학계를 마크검출계로서 사용하는 경우에도 배율변경후에 베이스 라인량을 계속하는 것은 유효하다.

또한, 상기 실시형태에서는 공간상 계측기 (FM) 에 의한 레티클 얼라인먼트 마크의 계측과, 얼라인먼트 광학계 (AL6) 에 의한 기준 마크의 계측을 비동시적으로 행하는 경우에 대하여 설명하였으나, 여기에 한정되지 않고 큰 공간상 계측기를 사용하여 상기 슬릿 (SLT1, SLT2) 을 통한 레티클 얼라인먼트 마크의 검출 (공간상 계측) 과, 얼라인먼트 광학계 (AL6) 에 의한 기준 마크의 계측을 동시에 행하도록 할 수도 있다. 이 경우, 공간상 계측기 (FM) 와 기준 마크의 각각의 위치에서 투영광학계 (P0), 얼라인먼트 광학계 (AL6) 의 각 조정위치에 공간상 계측기 (FM) 표면의 Z 위치가 제어되도록, 공간상 계측기 (FM) 의 표면을 경사지게 하는 것이 바람직하다.

그런데, 동일 로트의 웨이퍼는 동일 과정에서 처리되므로, 웨이퍼의 신축량도 거의 동일한 것으로 추측된다. 따라서, 예를 들어 1 로트가 웨이퍼 20 장이라면 최초의 1 장째에서 구한 웨이퍼의 신축량과, 2 ~ 20 장째의 웨이퍼의 신축량은 크게 다르지 않은 것으로 예상된다. 구체적으로 수치를 들면, 1 장째의 웨이퍼가 기준치 (예를 들어 계측치) 에 대하여 10 ppm 늘어난 경우, 2 장째 이후에는 기준치에 대하여 약 (10 ± 0.5) ppm 신장된 것을 경험상으로 알 수 있다. 그렇다면, 1 장째의 웨이퍼의 노광시 레티클 (R) 을 40 nm 투영광학계 (P0) 에서 멀어진 후에는, 2 장째 이후의 웨이퍼의 노광시에는 그 위치를 기준으로 하여 2 nm의 범위 내에서 레티클 (R) 을 Z 방향으로 구동 (상하 운동) 시키면 된다. 이 레티클 (R) 의 Z 구동에 대응하는 레티클상의 웨이퍼 상에서의 시프트량은 ± 25 nm 이다. 따라서, 어떠한 이유에서 10 x 미만의 오차가 발생해도 그 오차는 ± 2.5 nm 정도의 수치이다. 이 값은 베이스 라인의 계측 재현 정밀도와 동일하고, 일부러 재계측을 할 필요는 없게 된다. 이러한 사실을 감안하여 이루어진 것이 다음의 제 2 실시형태이다.

<제 2 실시형태>

다음으로, 본 발명의 제 2 의 실시형태에 대하여 도 14 에 기초하여 설명하기로 한다. 이 제 2 의 실시형태는, 장치구성 등은 제 1 의 실시형태와 동일하고, 주제어장치 (80) 에 의한 제 2 층째 (세컨드 레이어) 이후의 노광공정의 제어동작이 일부 상이할 뿐이므로, 이하에서는 이 점을 중심으로 설명하기로 한다. 또한, 여기에서는 각 구성성분에 대하여 제 1 의 실시형태와 동일한 부호를 사용하기로 한다.

도 13 의 플로우차트에서 나타낸 시퀀스가 개시되는 것은, 웨이퍼 로딩 (및 경우에 따라서는 레티클 로딩) 등의 준비작업이 종료된 시점이다.

스텝 200 에 있어서, 주제어장치 (80) 에서는 전술한 스텝 100 과 동일하게, EGA 등에 의하여 웨이퍼 얼라인먼트를 행하고, 다음의 스텝 202 에 있어서, 상기 EGA 등의 얼라인먼트 계측결과에 기초하여 레티클 패턴 이미지의 크기를 정확히 웨이퍼 (W) 상의 소트영역의 크기에 일치시키기 위한 투영배율의 제어량, 즉 레티클 (R) 의 Z 방향 구동량을 산출하고, 자기부상형 2 차원 리니어 액츄에이터 (34) 를 통하여, 레티클 (R) 을 상기 산출한 양만큼 Z 방향 (상하 방향) 으로 구동한다.

다음의 스텝 204 에서는, 주제어장치 (80) 에서는 노광대상인 웨이퍼 (W) 가 로트의 선두인지에 대한 여부를 판단한다. 그리고, 이 판단이 긍정된 경우에는, 스텝 208 로 진행하고, 이후 전술한 제 1 의 실시형태의 스텝 106 → 102 → 104 와 동일하게 하여, 투영배율의 조정잔류오차가 허용치 (예를 들어 0.2 ppm) 이하가 될 때까지, 주제어장치 (80) 에서는 스텝 210 → 202 → 204 → 208 → 210 의 루프로, 레티클 (R) 의 Z 구동, 베이스 라인 계측 및 투영배율계측, 투영배율의 조정잔류오차의 허용치와의 비교를 반복한다. 그리고, 투영배율의 조정잔류오차의 허용치 이하가 되면 스텝 212 로 진행하고, 전술한 스텝 108 과 동일하게 주제어장치 (80) 에서는 스텝 앤드 스캔 방식의 노광을 EUV 광 (EL) 을 노광용 조명광 (EL) 으로서 사용하여 행하고, 1 장의 웨이퍼 (W) 에 대한 일련의 처리공정을 종료한다. 이렇게, 로

트 선두의 웨이퍼에 대해서는, 전술한 제 1의 실시형태와 동일한 동작이 이루어진다. 따라서, 이 로트 선두의 웨이퍼의 노광에 앞서, 스텝 208에 있어서 실제로 계속된 베이스 라인량이 기억장치로서의 메모리 (81)에 기억되어 있다.

그 한편으로, 로트의 2장째 이후의 웨이퍼 (W)의 노광시에는, 상기 스텝 204에 있어서의 판단이 부정되므로 스텝 206으로 진행하며, 베이스 라인계측을 행하지 않고, 주제어장치 (80)에서는 기지의 레티클 (R)의 Z구동량과 웨이퍼 (W)상에서의 레티클 패턴 이미지의 시프트량과의 관계를 나타내는 비례정수 (F), 예를 들어 $F = 12.5 \text{ nm} \div 1 \mu\text{m} = 12.5 \times 10^{-5}$ 를 사용하여 베이스 라인량의 변동을 계산하여 구하고, 이 계산결과에 기초하여 메모리 (81)에 기억되어 있는 베이스 라인량을 보정하는, 즉 베이스 라인량을 갱신한다.

그리고, 이 베이스 라인량의 갱신 후 스텝 212으로 진행하고, 전술한 스텝 108과 동일하게 주제어장치 (80)에서는 스텝 앤드 스캔 방식의 노광을 EUV 광을 노광용 조명광 (EL)으로서 사용하여 행하며, 1장의 웨이퍼 (W)에 대한 일련의 처리공정을 종료한다.

지금까지의 설명에서 알 수 있듯이, 본 제 2의 실시형태에서는 주제어장치 (80)의 기능에 의하여, 제어장치뿐만 아니라 계산장치, 및 제 2 제어장치가 실현되고 있다.

이상에서 설명한 본 제 2의 실시형태에 의하면, 로트 선두 이외의 웨이퍼에 대하여 레티클 패턴을 전사할 때, 투영광학계 (P0)의 투영배율을 변경하기 위하여 레티클 (R)을 Z구동시켰을 때, 주제어장치 (80)에서는 기지의 레티클 (R)의 Z구동량과 웨이퍼 (W)상에서의 레티클 패턴 이미지의 시프트량과의 관계에 기초하여 메모리 (81)내에 기억되어 있는 베이스 라인량을 계산하여 보정한다. 따라서, 계산만으로 투영배율의 변경에 수반하는 레티클 패턴 이미지의 웨이퍼 상에 대한 투영위치의 위치편차를 보정할 수 있고, 투영배율의 변경에 수반하는 중첩 정밀도의 열화를 방지 또는 충분히 억제할 수 있고, 게다가 베이스 라인의 재계측을 하지 않는 만큼 스루풋 향상이 가능해진다.

또한, 상기 실시형태의 스텝 204에서의 판단을 대신하여, 스텝 202에 있어서의 배율의 변경량이, 소정 문턱치보다 큰지에 대한 여부를 판단하도록 할 수도 있다. 이런 경우에도 상기와 동일한 효과를 얻을 수 있다. 즉, 본 제 2의 실시형태에서 채용한 계산에 의한 베이스 라인량의 보정이라는 개념은, 레티클 (R)의 Z구동량, 즉 투영배율의 제어량이 작은 범위에서 특히 효과를 발휘한다.

또한, 상기 레티클 (R)의 Z구동량에 대한 웨이퍼 (W)상에서의 레티클상의 시프트량은, 물론 투영광학계 (P0)의 설계정보에서 기지의 사실이나, 노광장치를 조합하여 조정하는 공정에 있어서 미리 실제로 측정해놓을 수도 있다.

또한, 광원 및 복수의 렌즈 등으로 구성되는 조명계, 투영광학계를 노광장치본체에 편입하여 광학조정을 할 때 동시에, 다수의 기계 부품으로 이루어지는 레티클 스테이지, 웨이퍼 스테이지, Z차일 리니어 액츄에이터 (34, 62) 및 간섭계 (RIFZ, 70) 등을 노광장치 본체에 장치하여 배선 또는 배관을 접속하고, 배율 변경장치, 보정장치 등을 구성하는 주제어장치 등의 제어계에 대한 각부의 접속을 행하고, 나아가 종합조정 (전기조정, 동작확인 등)을 함으로써 본 실시형태의 노광장치 (10)를 제조할 수 있다. 또한, 노광장치의 제조는 온도 및 클린도(clean degree) 등이 관리된 클린룸에서 실시하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 제 1, 제 2의 실시형태에서 나타낸 투영광학계 또는 조명광학계는 일례에 지나지 않고, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 물론 아니다. 또한 상기 실시형태에서는, 본 발명이 반사형 레티클, 즉 반사광학계를 구비한 EUV 노광장치에 적용된 경우에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 마스크 측이 반사형 레티클 투영광학계를 구비하고, 투영광학계의 투영배율의 변경에 의하여 마스크 패턴 이미지의 기판 상에서의 투영위치가 편차나는 노광장치이면 주사형, 정지노광형의 구분 없이 바람직하게 적용할 수 있다.

또한, 마스크의 투영광학계 광축방향의 이동에 의하여 투영배율을 변경하고, 그 변경에 기인하는 패턴 이미지의 위치편차를 보정한다는 본 발명의 기술사상은, EUV 노광장치에 한정되지 않고, 반사형 마스크, 반사광학계의 조합을 사용하는 노광장치이면 마찬가지로 바람직하게 적용할 수 있는 것이다.

또한, 지금까지의 설명에서는, 레티클의 상하 또는 광학특성의 변경장치 등을 사용하여 레티클 패턴의 투영상의 결상특성 또는 투영광학계의 광학특성을 능동적으로 변경할 수 있는 투영상의 시프트량 또는 베이스 라인의 변동량을 구하기 위하여, 베이스 라인계측을 다시 하는 것에 대하여 설명하나, 레티클 자체가 노광용 조명광을 흡수하는데 기인하는 레티클의 열팽창에 의해서도 베이스 라인량은 변동하므로, 이러한 레티클 자체의 열팽창 변화량의 허용치를 미리 설정하여 노광 중의 레티클의 열팽창을 감시하고, 그것이 허용치에 달했을 때 베이스 라인계측을 다시 하도록 할 수도 있다. 예를 들어, 레티클의 조명광 흡수와 열팽창과의 상대관계의 함수를 실험 또는 시뮬레이션 등에 의하여 미리 구하고, 레티클 스테이지에 광량 모니터를 설치하여, 예를 들어 웨이퍼 교환 중에 광량을 계측함과 동시에, 그 웨이퍼의 노광 중에는 그 광량 모니터의 계측치를 사용하여 조사광량을 연산하여 구하고, 그 조사광량과 상기 함수를 사용하여 레티클의 열팽창 변화량을 적당한 간격으로 산출하면서 순차적으로 갱신하고, 웨이퍼의 노광이 종료되면 그 때의 열팽창 변화량이 상기 허용치에 도달했는지의 여부를 판단하고, 허용치에 도달한 경우 베이스 라인계측을 다시 하도록 할 수 있다. 또한 이 경우, 레티클 마크의 투영상을 전술한 공간상 계측기 (FM)로 계측할 수도 있다. 또한 상기 허용치에 도달했는지의 여부에 대한 판단은, 웨이퍼 1장의 노광종료마다 아니고, 소정 장수의 웨이퍼 노광종료마다 행할 수도 있다.

그밖에, 레티클 스테이지에 형성된 온도센서의 계측치에 기초하여 레티클의 온도분포를 측정하고, 이 온도분포에 기초하여 레티클의 열팽창 변화량을 추정하도록 할 수도 있다. 이 경우에는, 노광용 조명광의 조사 중, 조사정지 중에 관계없이 실제로 기초하여 레티클의 열팽창 변화량을 어느 정도 정확하게 추정할 수 있다.

동일하게, 투영광학계를 구성하는 각 미러도 조명광의 흡수에 의하여 변형되고, 이로써 투영광학계의 디스토션 등의 결상특성도 변동하므로, 상기 레티클 열팽창과 동일하게, 이 결상특성의 변화량 또는 미러의 변형량의 허용치를 미리 설정하고, 동일하게 하여 결상특성의 변화량 또는 미러의 변형량을 감시하고, 이 변화량이 허용치에 도달한 시점에서 베이스 라인계측 및 결상특성계측을 전술한 공간상 계측기 (FM)를

사용하여 다시 행하도록 할 수도 있다. 또한, 상기 레티를 열팽창 변화량, 열상특성 변화량은 연산으로 구하는데, 이때 노광광 조사 중의 변화 (온도가 상승하는 방향)와 노광광 조사정지 중의 변화 (온도가 저하되는 방향)를 종합한 변화량을 구할 필요가 있다는 것은 말할 것도 없고, 상기 상대관계의 함수는 이러한 함수를 의미하는 것은 물론이다.

또한 상기 각 실시형태에 있어서, 조명광 (EL)으로서 파장 13.4 nm의 EUV 광에 한하지 않고, 파장 11.5 nm의 EUV 광을 사용할 수도 있다. 이 파장역에서는 폴리브덴과 베릴륨을 번갈아 적층시킨 다층막이 광학소자의 표면에 형성되게 된다. 또한, 70 nm/L/S 패턴, 또는 50 nm 폭의 패턴을 전사하기 위해서는, 파장 13.4 nm의 EUV 광에서는 개구수가 0.1 ~ 0.12 정도의 투영광학계가 사용되고, 파장 11.5 nm의 EUV 광에서는 개구수가 0.08 ~ 0.1 정도의 투영광학계가 사용된다.

나아가, 상기 실시형태의 광원장치 (12)에서는, 구리 테이프 등의 테이프 타겟을 사용하는 것으로 하였으나, 그 대신에 가스제트 타겟, 또는 클라리오 타겟 등을 사용할 수도 있다. 또한 레이저 플라즈마 광원 대신에 SOR을 사용할 수도 있다.

또한, 상기 실시형태에서는, 조명영역이 원호형상의 경우에 대하여 설명하였으나, 여기에 한하지 않고 EUV 노광장치이라도 조명영역을 직사각형 슬릿형상으로 규정할 수 있다. 단, 이 경우에는 투영광학계를 구성하는 미러의 장수를 어느 정도 증가시킬 필요가 있다.

또한, 상기 제 1 및 제 2 실시형태에 있어서, 레티를 (R)의 패턴면에 근접하여 가동식 블라인드 (42) 및 시야 조리개 (슬릿) (44)를 배치하였으나, 블라인드 (42)와 시야 조리개 (44)의 적어도 한쪽을 조명 광학계 내에서 레티를 (R)의 패턴면과 거의 공액면에 배치할 수도 있다.

또한, 전술한 상기 각 실시형태에서는 본 발명이 노광용 조명광으로서 EUV 광을 사용하는 노광장치에 적용된 경우에 대하여 설명하였으나, 여기에 한정되지 않는다. 예를 들어, 자외광을 사용하는 노광장치이라도 투영광학계로서 반사광학소자만으로 이루어지는 반사계, 또는 반사광학소자와 굴절광학소자를 가지는 반사굴절계 (카타디오프트릭계)를 채용한 장치이면, 본 발명을 적용하여 동일한 효과를 얻을 수 있다. 예를 들어, 파장 200 nm 정도 이하의 진공자외광 (VUV 광)을 사용하는 노광장치로는, 투영광학계로서 반사굴절계를 사용하는 것을 생각할 수 있다. 이 경우, 반사광학소자 (오목면경, 미러 등)의 일부 곡률을 변경하는 전술한 도 13과 동일한 광학특성 변경장치를 배율변경장치로 사용하도록 할 수도 있다.

여기에서, 반사굴절형의 투영광학계로는, 예를 들어 일본 공개특허공보 평8-171054 호 및 여기에 대응하는 미국특허 제 5,668,672 호, 및 일본 공개특허공보 평10-20195 호 및 이에 대응하는 미국특허 제 5,835,275 호 등에 개시된, 반사광학소자로서 빔스플리터와 오목면경을 가지는 반사굴절계, 또는 일본 공개특허공보 평8-334695 호 및 이에 대응하는 미국특허 제 5,689,377 호 및 일본 공개특허공보 평10-3039 호 및 이에 대응하는 미국특허출원 제 873,605 호 (출원일: 1997년 6월 12일) 등에 개시된, 반사광학소자로서 빔스플리터를 사용하지 않고 오목면경 등을 가지는 반사굴절계를 사용할 수 있다. 본 국제출원에서 지정한 지정국 또는 선택한 선택국의 국내법령이 허용하는 한, 상기 각 공보 및 이것들에 대응하는 미국특허, 및 미국특허출원에 있어서의 개시를 인용하여 본 명세서의 기재의 일부로 한다.

그 이외에, 미국특허 제 5,031,976 호, 제 5,488,229 호, 및 제 5,717,518 호에 기재된, 복수의 굴절광학소자와 2장의 미러 (오목면경이 주경과, 굴절소자 또는 평행면판의 입사면과 반대측에 반사면이 형성되는 이면경의 부경)을 동일 축상에 배치하고, 그 복수의 굴절광학소자에 의하여 형성되는 레티를 패턴의 중간상을, 주경과 부경에 의하여 웨이퍼 상에 재결상시키는 반사굴절계를 사용할 수도 있다. 이 반사굴절계에서는, 복수의 굴절광학소자에 이어서 주경과 부경이 배치되고, 조명광이 주경의 일부를 통하여 부경, 주경의 순서대로 반사되고 나아가 부경의 일부를 통하여 웨이퍼 상에 도달하게 된다. 본 국제출원에서 지정한 지정국 또는 선택한 선택국의 국내법령이 허용하는 한, 상기 미국특허에 있어서의 개시를 인용하여 본 명세서의 기재 일부로 한다.

그리고, 반사굴절형의 투영광학계로는, 예를 들어 원형 이미지 필드를 가지고 또한 물체면측 및 상면측이 함께 텔레센트릭임과 동시에, 그 투영배율이 1/4 배 또는 1/5 배가 되는 축소계를 사용할 수도 있다. 또한, 이 반사굴절형의 투영광학계를 구비한 주사형 노광장치인 경우, 조명광의 조사영역이 투영광학계의 시야 내에서 그 광축을 거의 중심으로 하고, 또한 레티를이나 웨이퍼의 주사방향과 거의 직교하는 방향을 따라서 연장되는 직사각형 슬릿형상으로 규정되는 타입일 수도 있다. 이러한 반사굴절형의 투영광학계를 구비한 주사형 노광장치에 의하면, 예를 들어 파장 157 nm의 F₂-레이저광을 노광용 조명광으로서 사용해도 100 nm L/S 패턴 정도의 미세패턴을 웨이퍼상에 고정밀도로 전사할 수 있다.

또한, 상기 실시형태에서는, 주로 광학특성 변경장치를 사용하여 광학특성의 일종의 배율을 조정하는 경우에 대하여 설명하였으나, 이것은 패턴 이미지의 투영영역의 시프트 (위치편차)를 조정하기 위하여 투영배율을 조정하는 것으로서, 물체면측이 텔레센트릭인 경우에는, 예를 들어 레티를의 상하 운동에 의하여 디스토션이 조정되므로, 배율은 디스토션까지도 포함하는 넓은 개념이다.

또한, 진공자외광으로서 ArF 엑시머레이저광 또는 F₂ 레이저광 등이 사용되나, DFB 반도체 레이저 또는 파이버레이저에서 발전되는 적외역, 또는 가시역의 단일파장 레이저광을, 예를 들어 에르븀 (또는 에르븀과 이트륨의 양방)이 도핑된 파이버앰프로 증폭되고, 비선형 광학결정을 사용하여 자외광으로 파장 변환된 고주파를 사용할 수도 있다.

예를 들어, 단일파장레이저의 발전파장을 1.51 ~ 1.59 μm 의 범위 내로 하면, 발생파장이 189 ~ 199 nm인 범위내의 8 배 고주파, 또는 발생파장이 151 ~ 159 nm인 범위 내의 10 배 고주파가 출력된다. 특히 발전파장을 1.544 ~ 1.553 μm 인 범위내로 하면, 발생파장이 193 ~ 194 nm인 범위내의 8 배 고주파, 즉 ArF 엑시머레이저광과 거의 동일한 파장이 되는 자외광이 얻어지고, 발전파장을 1.57 ~ 1.58 μm 인 범위 내로 하면, 발생파장이 157 ~ 158 nm인 범위내의 10 배 고주파, 즉 F₂ 레이저광과 거의 동일한 파장이 되는 자외광이 얻어진다.

또한, 발전파장을 1.03 ~ 1.12 μm 의 범위 내로 하면, 발생파장이 147 ~ 160 nm의 범위내인 7 배 고주파

가 출력되고, 특히 발진파장을 1.099 ~ 1.106 nm 의 범위 내로 하면, 발생파장이 157 ~ 158 nm 의 범위내 인 F 레이저광과 거의 동일한 파장이 되는 자외광이 얻어진다. 이 경우, 단일파장 발진레이저로는 예를 들어 이트륨·도프·파이버레이저를 사용할 수 있다.

또한, 반도체소자 등의 매크로 디바이스 뿐만 아니라, 광노광장치, EUV 노광장치, X 선 노광장치, 및 전자선 노광장치 등으로 사용되는 레티클 또는 마스크를 제조하기 위하여, 유리기판 또는 실리콘웨이퍼 등에 회로패턴을 전사하는 노광장치에도 본 발명을 적용할 수 있다. 여기에서 DUV (원자외) 광 또는 VUV (진공자외) 광 등을 사용하는 노광장치에서는 일반적으로 투과형 레티클이 사용되고, 레티클 기판으로는 석영유리, 불소가 도포된 석영유리, 석영, 불화마그네슘, 또는 수정 등이 사용된다. 또한, 포토리소그래피 방식의 X 선 노광장치, 또는 전자선 노광장치 등에서는 투과형 마스크 (스텐실 마스크, 멤브레인 마스크) 가 사용되고, 마스크 기판으로는 실리콘웨이퍼 등이 사용된다.

물론, 반도체소자의 제조에 사용되는 노광장치뿐만 아니라, 액정표시소자 등을 포함하는 디스플레이의 제조에 사용되는 디바이스패턴을 유리플레이트 상에 전사하는 노광장치, 박막자기헤드의 제조에 사용되는, 디바이스패턴을 세라믹 웨이퍼 상에 전사하는 노광장치, 및 촬상소자 (CCD 등) 의 제조에 사용되는 노광장치 등에도 본 발명을 적용할 수 있다.

(디바이스 제조방법)

다음으로, 전술한 리소그래피 시스템 (노광장치) 및 노광방법을 리소그래피 공정에서 사용한 디바이스의 제조방법의 실시형태에 대하여 설명하기로 한다.

도 15 에는, 디바이스 (IC 또는 LSI 등의 반도체 칩, 액정패널, CCD, 박막자기헤드, 매크로머신 등) 의 제조에의 플로우차트가 나타내어져 있다. 도 15 에 나타낸 바와 같이, 먼저, 스텝 201 (설계 스텝) 에 있어서, 디바이스의 기능·성능설계 (예를 들어, 반도체 디바이스의 회로설계 등) 를 하고, 그 기능을 실현하기 위한 패턴을 설계한다. 이어서, 스텝 202 (마스크제작 스텝) 에 있어서, 설계된 회로패턴을 형성한 마스크를 제작한다. 한편, 스텝 203 (웨이퍼제조 스텝) 에 있어서, 실리콘 등의 재료를 사용하여 웨이퍼를 제조한다.

다음으로, 스텝 204 (웨이퍼처리 스텝) 에 있어서, 스텝 201 ~ 스텝 203 에서 준비한 마스크와 웨이퍼를 사용하여, 후술하는 바와 같이 리소그래피기술 등에 의하여 웨이퍼 상에 설계의 회로 등을 형성한다. 다음으로, 스텝 205 (디바이스조립 스텝) 에 있어서, 스텝 204 에서 처리된 웨이퍼를 사용하여 디바이스 조립을 행한다. 이 스텝 205 에는, 다이싱 공정, 본딩 공정, 및 패키징 공정 (칩 봉입) 등의 공정이 필요에 따라서 포함된다.

마지막으로, 스텝 206 (검사 스텝) 에 있어서, 스텝 205 에서 제작된 디바이스의 동작확인 테스트, 내구성 테스트 등을 검사한다. 이러한 공정을 거친 후에 디바이스가 완성되고 이것이 출하된다.

도 16 에서는, 반도체 디바이스의 경우에 있어서의, 상기 스텝 204 의 상세한 플로우 예가 나타내어 있다. 도 16 에서, 스텝 211 (산화 스텝) 에 있어서는 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 212 (CVD 스텝) 에 있어서는 웨이퍼 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 213 (전극형성 스텝) 에 있어서는 웨이퍼 상에 전극을 증착에 의하여 형성한다. 스텝 214 (이온투입 스텝) 에 있어서는 웨이퍼에 이온을 투입한다. 이상의 스텝 211 ~ 214 각각은, 웨이퍼 처리의 각 단계의 전처리공정을 구성하고 있고, 다단계에서 필요한 처리에 따라서 선택되고 실행된다.

웨이퍼 프로세스의 각 단계에 있어서, 전술한 전처리공정이 종료되면, 아래와 같이 후처리공정이 실행된다. 이 후처리공정에서는, 먼저 스텝 215 (레지스트형성 스텝) 에 있어서, 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 계속하여, 스텝 216 (노광 스텝) 에 있어서, 위에서 설명한 리소그래피 시스템 (노광장치) 및 노광방법에 의하여 마스크의 회로패턴을 웨이퍼에 전사한다. 다음으로, 스텝 217 (현상 스텝) 에 있어서는 노광된 웨이퍼를 현상하고, 스텝 218 (에칭 스텝) 에 있어서, 레지스트가 잔존하는 부분 이외의 부분의 노출부재를 에칭으로 제거한다. 그리고 스텝 219 (레지스트제거 스텝) 에 있어서, 에칭이 끝났고 필요 없게 된 레지스트를 제거한다.

이들 전처리공정과 후처리공정을 반복하여 행함으로써, 웨이퍼 상에 다중으로 회로패턴이 형성된다.

이상 설명한 본 실시형태의 디바이스 제조방법을 사용하면, 노광공정 (스텝 216) 에 있어서 전술한 노광장치 (10) 및 위에서 설명한 노광방법이 사용되므로, 중첩 정밀도의 향상을 포함하는 노광 정밀도의 향상에 의하여, 고집적도의 디바이스를 높은 수율로 생산할 수 있다.

산업상 이용가능성

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 관계되는 노광장치 및 노광방법은, 집적회로 등의 매크로디바이스를 제조하는 리소그래피 공정에 있어서, 미세 패턴을 웨이퍼 등의 기판 상에 높은 정밀도로 복수층을 중첩시켜 형성하는 데 적합하다. 또한, 본 발명에 관계되는 디바이스 제조방법은, 미세한 패턴을 가지는 디바이스의 제조에 적합하다.

(5) 청구의 범위

청구항 1

마스크의 패턴을 기판 상에 전사하는 노광장치로서,

상기 마스크에 노광용 조명광을 조사하는 조명계;

상기 마스크로부터 출사된 상기 노광용 조명광을 상기 기판 상에 투사하는 투영광학계;

상기 투영광학계의 투영배율을 변경하는 배율변경장치;

상기 기판을 유지하는 기관 스테이지;

상기 기관 스테이지 상에 존재하는 마크를 검출하는 마크검출계;

상기 마스크 패턴의 상기 기관 상으로의 전사에 있어서, 상기 배율변경장치에 의해 배율이 변경되었을 때, 그 배율변경후에 대응하는 상기 마크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 마스크 패턴의 투영위치편차를 보정하는 보정장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 기관 스테이지 상에는 특정한 기관 마크를 포함하는 적어도 1 개의 기준 마크가 형성되고,

상기 특정한 기준 마크와 상기 마스크의 패턴 이미지의 상기 기관 스테이지 상으로의 투영위치의 상대 위치관계를 검출하는 위치검출계를 더 구비하며,

상기 보정장치는, 상기 위치검출계를 사용하여 상기 상대위치관계를 검출한 결과와, 상기 마크검출계를 사용하여 상기 기관 스테이지 상의 상기 특정한 기준 마크 및 이 기준 마크와의 관계가 기지(既知)의 상이한 기준 마크 중 일방을 검출한 결과에 기초하여, 상기 배율변경후에 대응하는 상기 베이스 라인량을 구하는 제어장치를 갖는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서

상기 마크검출계는 초점검출계를 갖고,

상기 마크검출계에 의한 상기 기관 스테이지 상에 존재하는 마크의 검출시에, 상기 초점검출계의 검출결과에 기초하여 상기 마크검출계의 초점위치에 상기 마크가 위치하도록 상기 기관 스테이지의 상기 광축방향의 위치를 조정하는 조정장치를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기관 스테이지 상에는 특정한 기준 마크를 포함하는 적어도 1 개의 기준 마크가 형성되고,

상기 특정한 기준 마크와 상기 마스크의 패턴 이미지의 상기 기관 스테이지 상으로의 투영위치와의 상대 위치관계를 검출하는 위치검출계를 더 구비하고,

상기 보정장치는, 상기 위치검출계의 검출결과와, 상기 마크검출계를 사용하여 상기 기관 스테이지 상의 상기 특정한 기준 마크 및 이 기준 마크와의 관계가 기지의 상이한 기준 마크 중 일방을 검출한 결과에 기초하여 산출된 상기 마크검출계의 베이스 라인량을 미리 기억하는 기억장치와, 상기 변경된 배율에 따라 상기 기억장치에 기억된 상기 베이스 라인량을 계산에 의해 보정하는 계산장치를 갖는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 5

제 2 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 노광용 조명광이 면 X 선 영역의 광이고,

상기 위치검출계는, 상기 기관 스테이지 상에 설치되어, 형광발생물질과, 미의 표면에 상기 노광용 조명광의 반사율 및 흡수율 중 일방으로 이루어지는 박막에 의해 형성된 상기 특정한 기준 마크를 검출하는 개구와, 상기 개구를 통하여 상기 노광용 조명광이 상기 형광발생물질에 도달했을 때, 상기 형광발생물질이 발하는 광을 광전변환시키는 광전변환소자를 갖는 공간상 계측기인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 배율변경장치는, 상기 마스크를 상기 투영광학계의 광축방향으로 구동하는 장치인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 투영광학계는, 반사광학소자를 포함하는 광학계이고,

상기 배율변경장치는, 상기 투영광학계의 광학특성을 변경하는 광학특성변경장치인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 광학특성변경장치는, 상기 반사광학소자의 곡률을 변경하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 투영광학계는, 반사광학소자를 포함하는 광학계이고,

상기 마스크를 유지하는 마스크 스테이지와, 이 마스크 스테이지와 상기 기판 스테이지를 상기 투영광학계의 광축방향에 직교하는 제 1 방향으로 동기이동하는 구동장치를 더 구비하고,

상기 배율변경장치는, 상기 마스크 스테이지를 통하여 상기 마스크를 상기 투영광학계의 광축방향으로 구동시켜 상기 투영광학계의 광축방향 및 상기 제 1 방향에 직교하는 제 2 방향의 배율을 변경하는 장치인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 노광용 조명광은 진공 자외역의 광인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 투영광학계는, 반사광학소자만으로 이루어지는 반사광학계이고, 상기 마스크는 반사형 마스크인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 노광용 조명광은 면 X 선영역의 광인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 13

제 2 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 기판 스테이지 상의 기판의 상기 투영광학계의 광축방향의 위치를 검출하는 초점위치검출계;

상기 배율변경장치에 의한 상기 마스크의 상기 광축방향의 구동량에 대응된 오프셋을 상기 초점검출계에 부여하고, 이 초점위치검출계의 검출결과에 기초하여 상기 기판 스테이지의 광축방향의 위치를 피드백 제어하는 스테이지 제어장치를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 마스크의 패턴의 상기 기판에 대한 전사에 앞서, 상기 마크검출계를 사용하여 상기 기판 상의 복수의 위치정합마크를 검출하는 검출장치를 더 구비하고,

상기 배율변경장치에 의한 배율의 변경은, 상기 검출장치에 의한 복수의 위치정합마크의 위치검출결과에 기초하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 15

제 1 항, 제 2 항, 제 4 항, 제 6 항, 제 7 항, 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투영광학계는, 상기 마스크측이 비-텔레센트릭인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 16

마스크의 패턴을 기판 상에 반복 전사하는 노광장치로서,

상기 마스크에 노광용 조명광을 조사하는 조명계;

상기 마스크로부터 출사된 상기 노광용 조명광을 상기 기판 상에 투사하는 투영광학계;

상기 기판을 유지하는 기판 스테이지;

상기 기판 스테이지 상에 존재하는 마크를 검출하는 마크검출계;

상기 마크검출계의 베이스 라인량의 갱신의 필요 여부를 소정의 판정조건에 기초하여 판단하는 판단장치;

상기 판단장치의 판단결과가 긍정적인 경우에는 새로운 베이스 라인량을 구하는 베이스 라인 갱신장치;

상기 판단장치의 판단결과가 부정적인 경우에는, 상기 마스크 패턴의 상기 기판으로의 전사에 있어서 미리 구한 상기 마크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 기판 스테이지의 위치를 제어하고, 상기 판단장치의 판단결과가 긍정적인 경우에는, 상기 마스크 패턴의 상기 기판으로의 전사에 있어서 상기 새로운 베이스 라인량을 사용하여 상기 기판 스테이지의 위치를 제어하는 스테이지 제어장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 판단장치는, 마스크 패턴의 전사의 대상인 상기 기판이 로트의 선두인지 여부에 기초하여 상기 마크검출계의 베이스 라인량의 갱신의 필요 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 18

마스크와 기판을 동기이동시키면서 상기 마스크에 형성된 패턴을 투영광학계를 통해 상기 기판 상에 전사하는 노광방법에 있어서,

상기 마스크의 패턴면에 대하여 소정의 입사각으로 노광용 조명광을 조사하여 상기 노광용 조명광에 의해 조명된 마스크의 패턴을 상기 투영광학계를 통해 상기 기판 상에 전사할 때, 상기 투영광학계의 상기 동기이동방향과 직교하는 방향의 투영배율을 소망의 값으로 설정함과 동시에, 이미 설정후에 대응하는 상기 기판 상의 위치정합마크를 검출하는 마크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 기판의 위치를 제어하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 투영배율의 설정후에 대응하는 상기 베이스 라인량은, 상기 투영배율의 설정후에 검출되는 것인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 투영배율의 설정후에 대응하는 상기 베이스 라인량은, 그의 설정된 투영배율에 따라, 미리 구해진 베이스 라인량을 계산에 의해 보정한 것임을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 21

제 18 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 마스크는 반사형 마스크이고, 상기 투영광학계는 반사광학계인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 22

마스크와 기판을 동기이동시켜, 상기 마스크의 패턴을 투영광학계를 통해 상기 기판 상에 전사하는 노광방법에 있어서,

상기 전사에 앞서 상기 투영광학계의 광학특성을 조정하고, 상기 광학특성의 조정에 기인하여 발생하는, 상기 투영광학계의 이미지 필드 내에서의, 패턴 이미지의 투영영역의 시프트를 보상하도록, 상기 동기이동 중에 있어서의 상기 투영영역과 상기 기판과의 위치관계를 조정하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 기판 상의 마크를 마크검출계로 검출하여 얻어지는 위치정보를 사용하여 상기 기판의 노광위치를 결정하고, 상기 투영영역과 상기 기판의 상대위치를 조정하기 위하여, 상기 광학특성의 조정후에 있어서의 상기 마크검출계의 베이스 라인량과 상기 결정된 노광위치정보에 따라, 상기 마스크에 대한 상기 기판의 동기이동을 제어하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 동기이동에서는, 상기 광학특성의 조정후에 계속되는 상기 마크검출계의 베이스 라인량 및 상기 조정된 광학특성으로부터 계산되는 상기 마크검출계의 베이스 라인량 중 일방을 이용하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 25

제 22 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판 상의 복수의 마크를 상기 마크검출계로 검출하여 얻어지는 복수의 위치정보와, 상기 투영광학계를 통해 마스크 상의 복수의 마크를 검출하여 얻어지는 복수의 위치정보 중 적어도 일방에 기초하여, 상기 투영광학계의 광축을 따른 방향으로 상기 마스크를 이동하고, 상기 기판의 동기이동방향과 직교하는 방향에 관한 상기 패턴 이미지의 투영배율을 조정하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 26

제 22 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 마스크는, 주 광선이 그의 패턴면에 대하여 경사진 노광용 조명광으로 조사되는 반사형 마스크이고, 상기 노광용 조명광은, 파장 5 ~ 15 nm 에 스펙트럼을 갖는 극단 자외광이고, 상기 투영광학계는, 상기 마스크 축이 비-텔레센트릭이고, 또한 복수의 반사광학소자만으로 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 27

마스크의 패턴을 투영광학계를 통해 기판 상에 반복 전사하는 노광방법으로서,

상기 기판 상의 마크를 검출하는 마크검출계의 베이스 라인량의 변동요인이 되는 물리량의 변화를 감시하는 제 1 공정;

상기 물리량이 소정 허용치를 초과했는지 여부에 기초하여 상기 마크검출계의 베이스 라인량의 갱신의 필

요 유무를 판단하는 제 2 공정;

상기 판단결과가 긍정적인 경우에는 새로운 베이스 라인량을 구하고, 그 구한 베이스 라인량을 사용하여 상기 기관의 위치를 제어하고, 상기 판단결과가 부정적이 경우에는, 미리 구한 상기 마크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 기관의 위치를 제어하여, 노광을 행하는 제 3 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 제 1 공정에서 감시되는 물리량은, 상기 마스크의 열팽창 변화량인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 마스크의 열팽창 변화량은, 상기 마스크의 온도분포의 계속결과에 기초하여 추정되는 것인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 30

제 27 항에 있어서,

상기 제 1 공정에서 감시되는 물리량은, 상기 투영광학계의 결상특성인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 31

제 27 항에 있어서,

상기 투영광학계는 미러를 포함하는 광학계이고,

상기 제 1 공정에서 감시되는 물리량은, 상기 미러의 변형량인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 32

마스크의 패턴을 기관 상에 전사하는 노광장치의 제조방법으로서,

상기 마스크에 노광용 조명광을 조사하는 조명계를 제공하는 공정;

상기 마스크로부터 출사된 상기 노광용 조명광을 상기 기관 상에 투사하는 투영광학계를 제공하는 공정;

상기 투영광학계의 투영배율을 변경하는 배율변경장치를 제공하는 공정;

상기 기관을 유지하는 기관 스테이지를 제공하는 공정;

상기 기관 스테이지 상에 존재하는 마크를 검출하는 마크검출계를 제공하는 공정;

상기 마스크 패턴의 상기 기관 상으로의 전사에 있어서, 상기 배율변경장치에 의해 배율이 변경되었을 때, 그 배율변경후에 대응하는 상기 마크검출계의 베이스 라인량을 사용하여 상기 마스크 패턴의 투영 위치편차를 보정하는 보정장치를 제공하는 공정을 포함하는 노광장치의 제조방법.

청구항 33

제 32 항에 있어서,

상기 마스크를 유지하는 마스크 스테이지를 제공하는 공정;

상기 마스크 스테이지와 상기 기관 스테이지를 상기 투영광학계의 광축방향에 직교하는 제 1 방향으로 동기이동시키는 구동장치를 제공하는 공정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 노광장치의 제조방법.

청구항 34

리소그래피 공정을 포함하는 디바이스 제조방법에 있어서,

상기 리소그래피 공정에서는, 제 1 항 또는 제 16 항에 기재된 노광장치를 사용하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

청구항 35

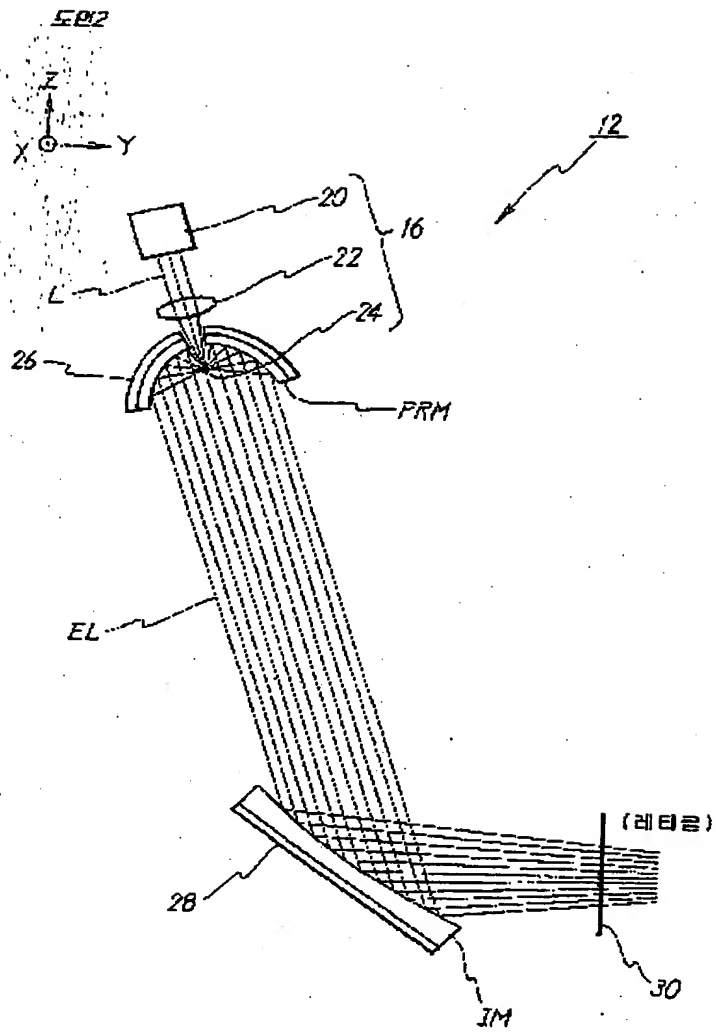
리소그래피 공정을 포함하는 디바이스 제조방법에 있어서,

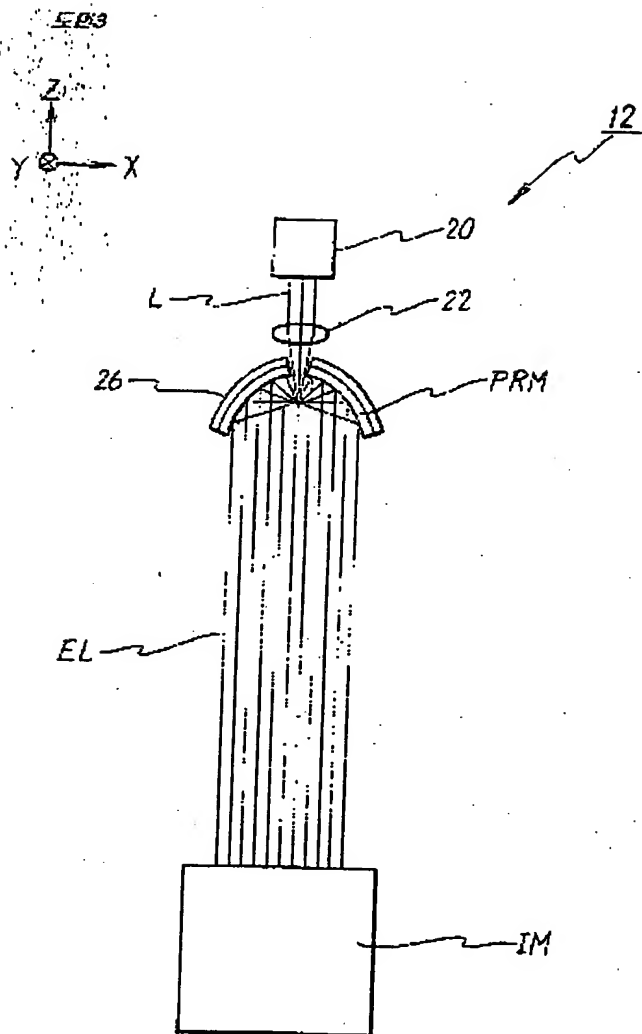
상기 리소그래피 공정에서는, 제 18 항, 제 22 항, 제 27 항 중 어느 한 항에 기재된 노광방법을 사용하여 노광을 행하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

청구항 36

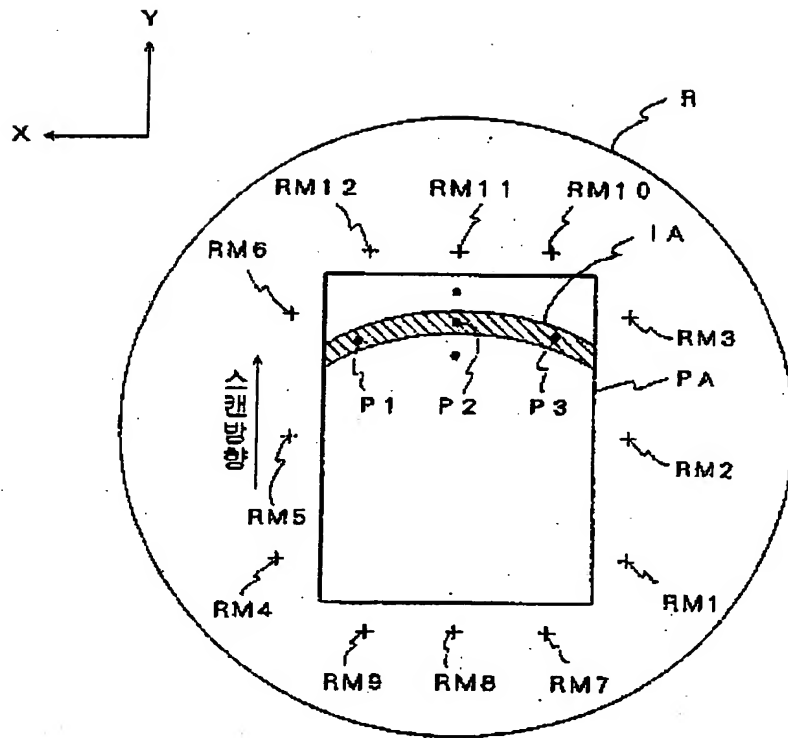
제 18 항, 제 22 항, 제 27 항 중 어느 한 항에 기재된 노광방법을 사용하여 제조되는 디바이스.

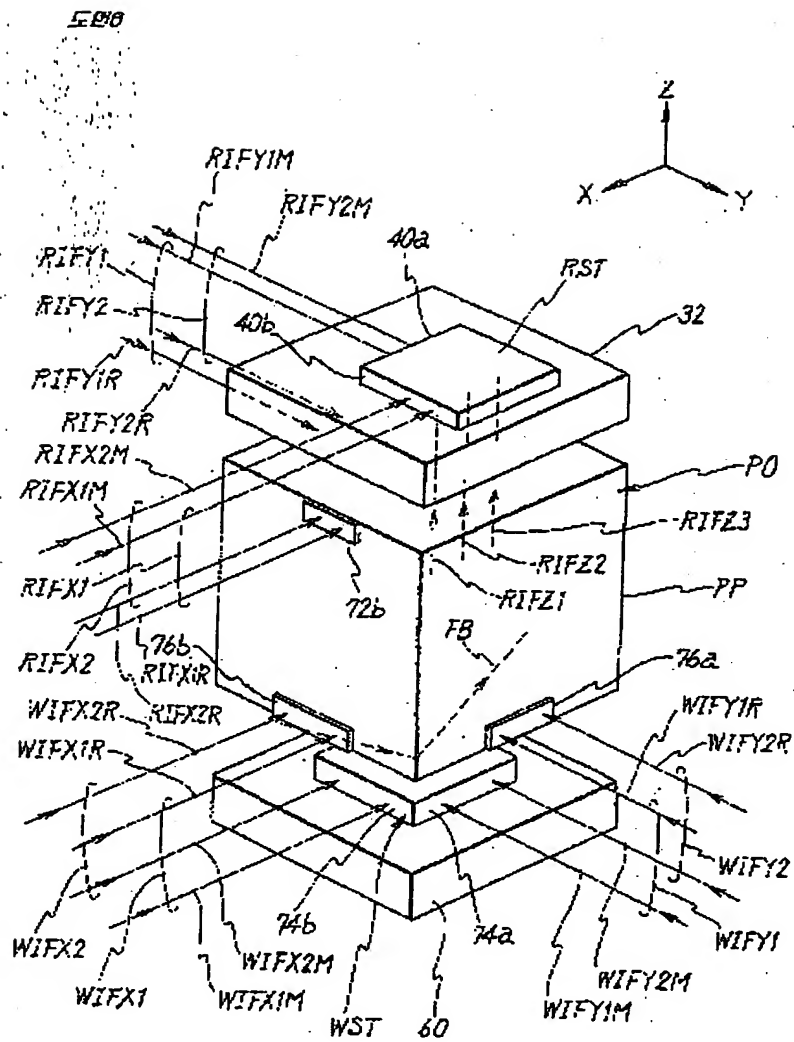
도면

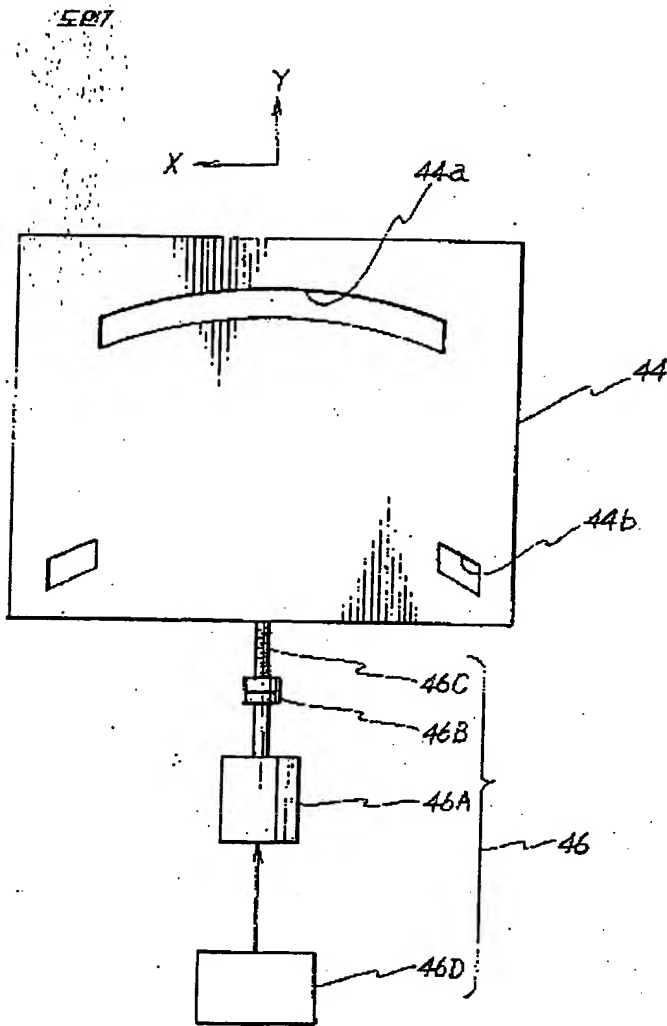




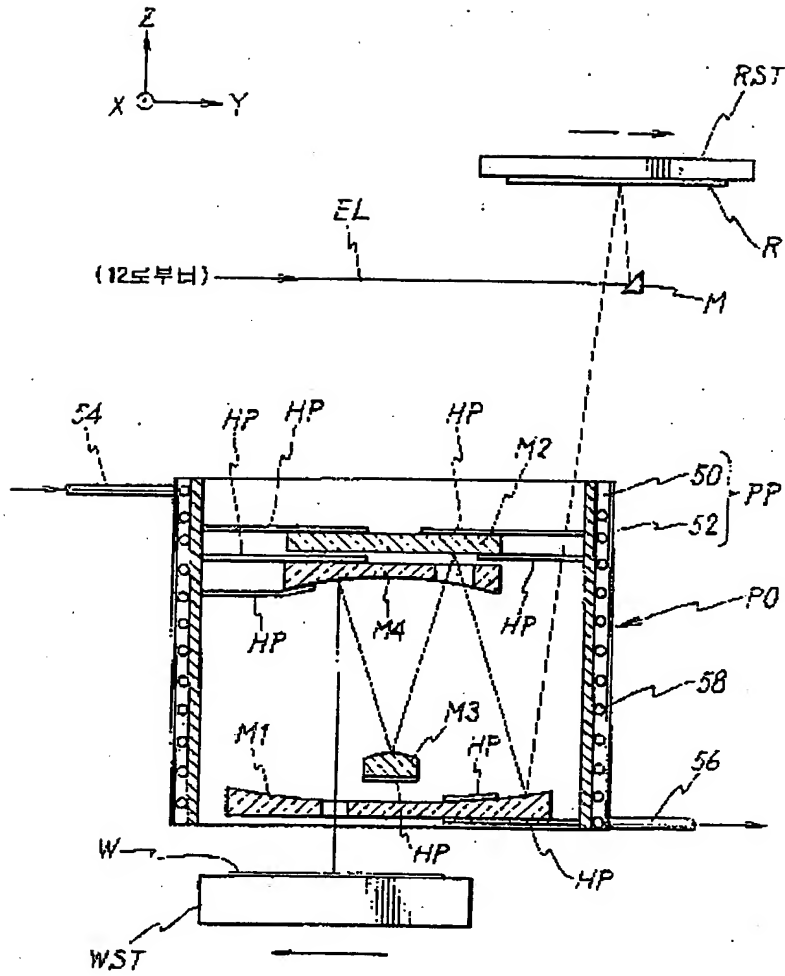
도 5



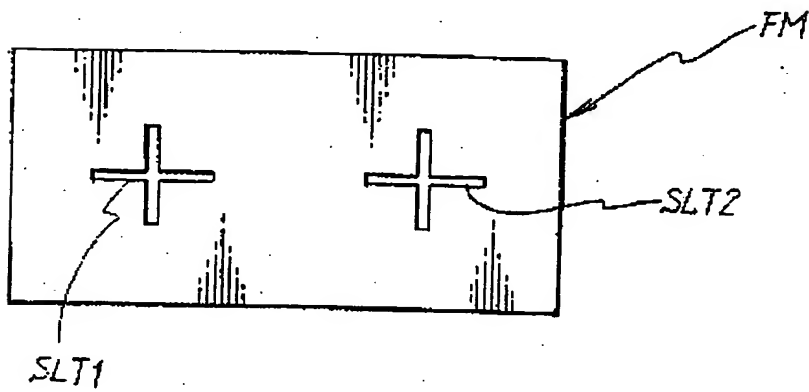


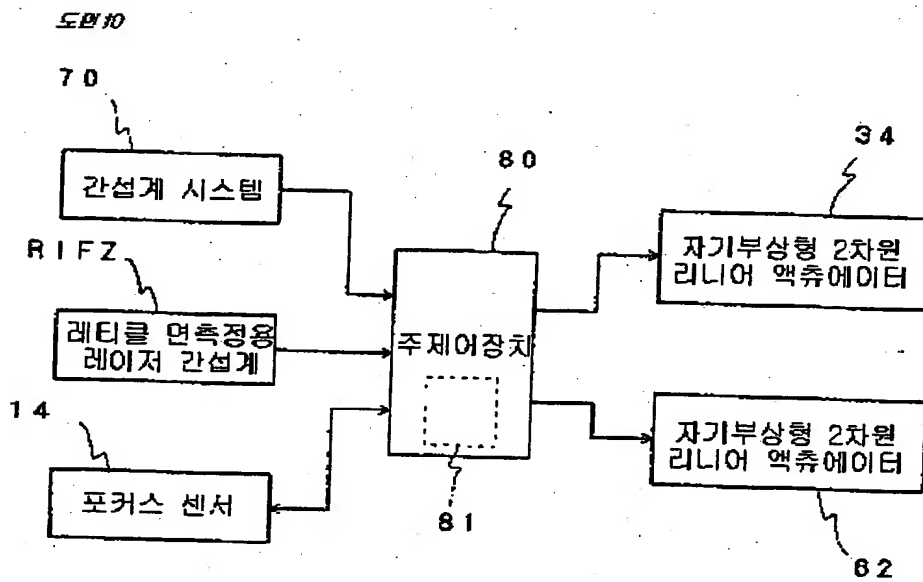
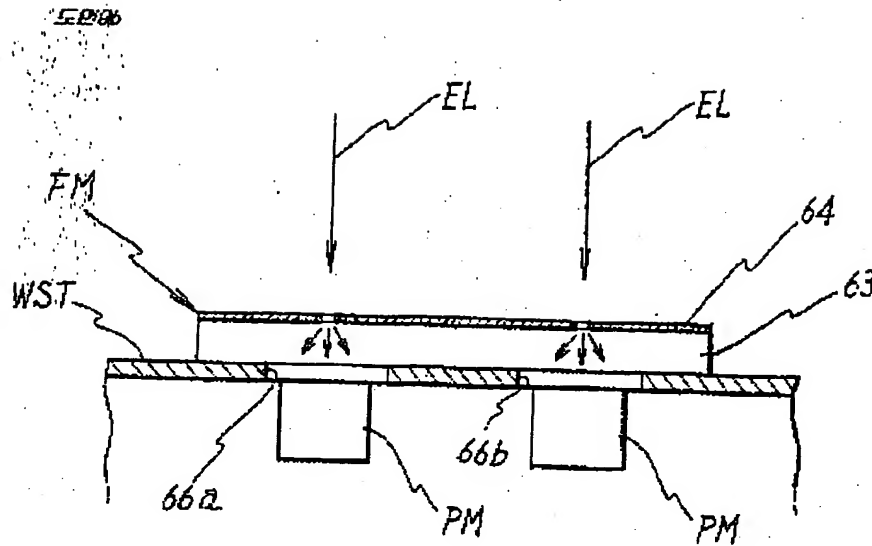


도 8B

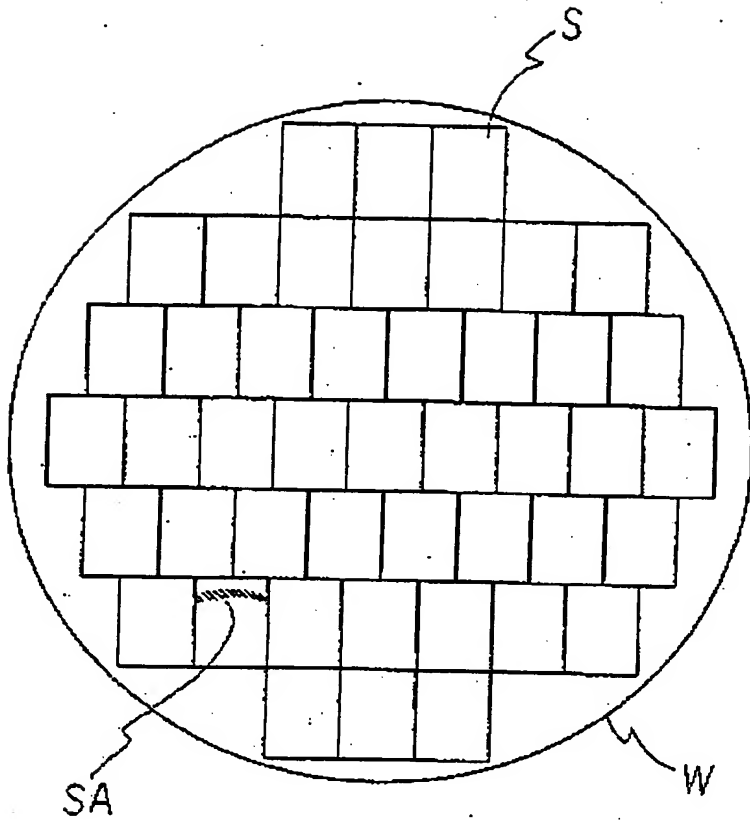


도 8Ba

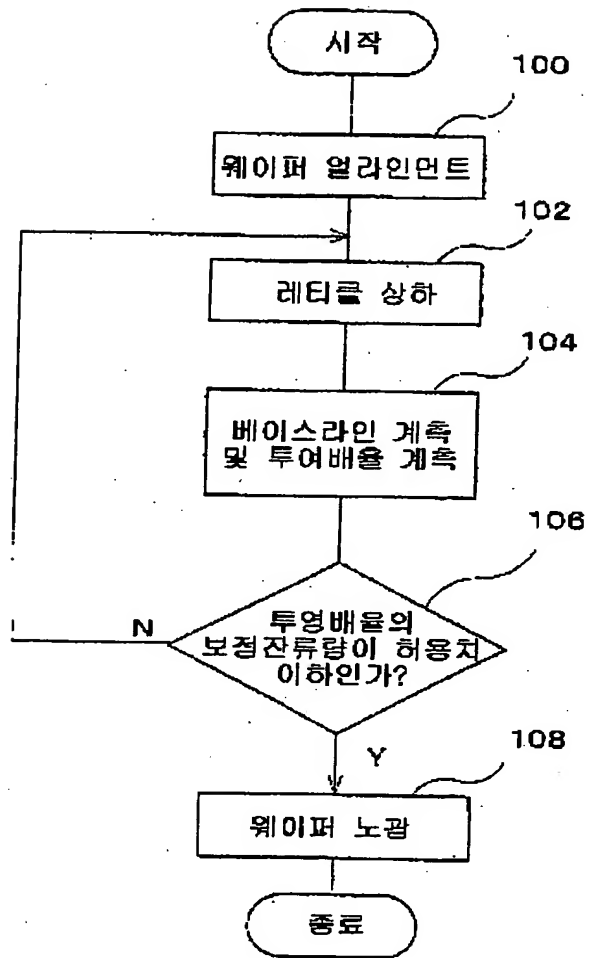


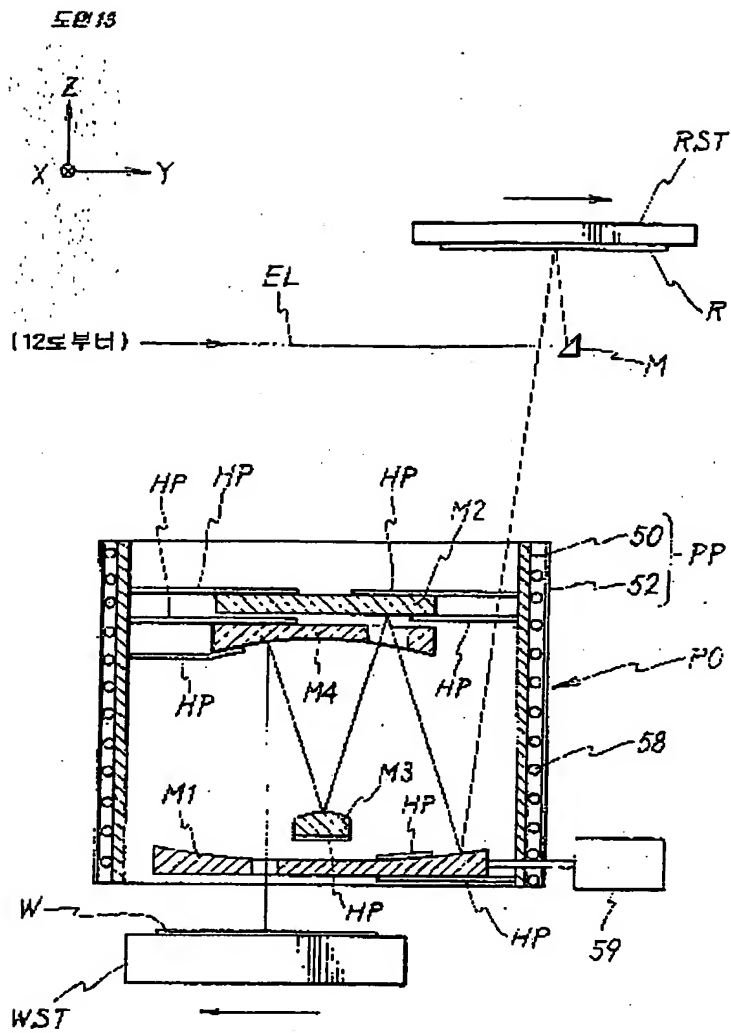


도 11

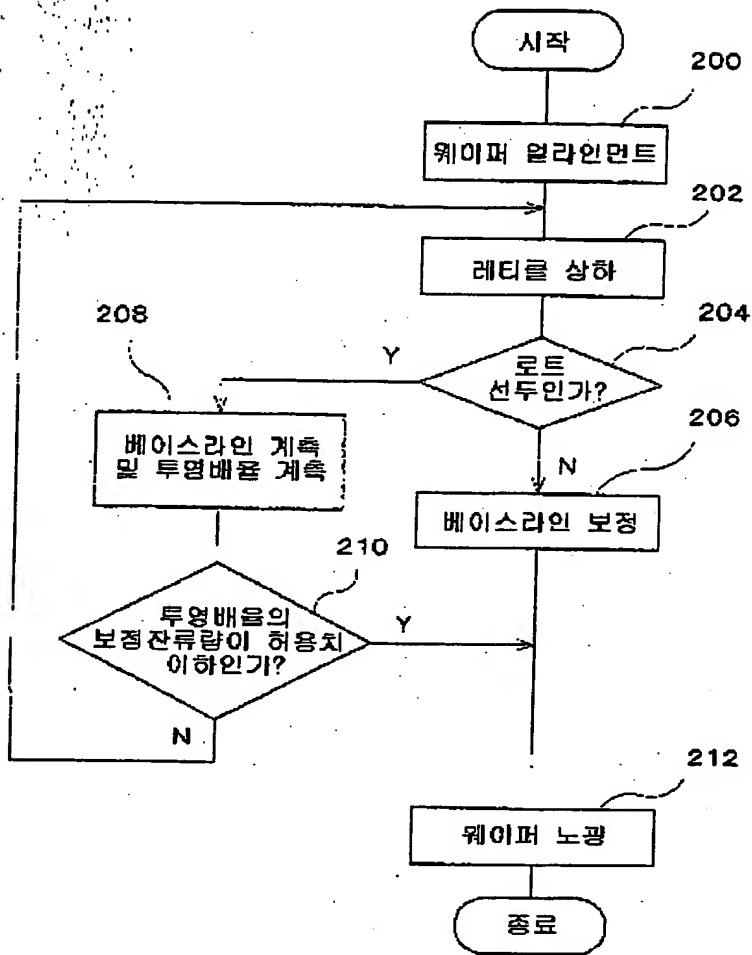


도면 12

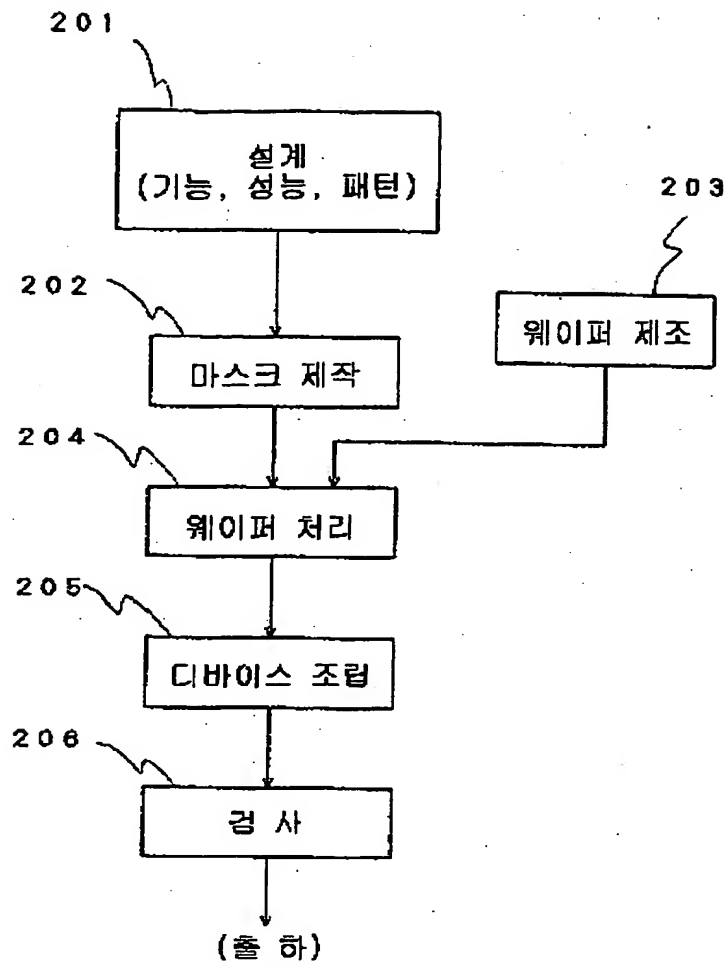




도면 14



도면 15



도면 18

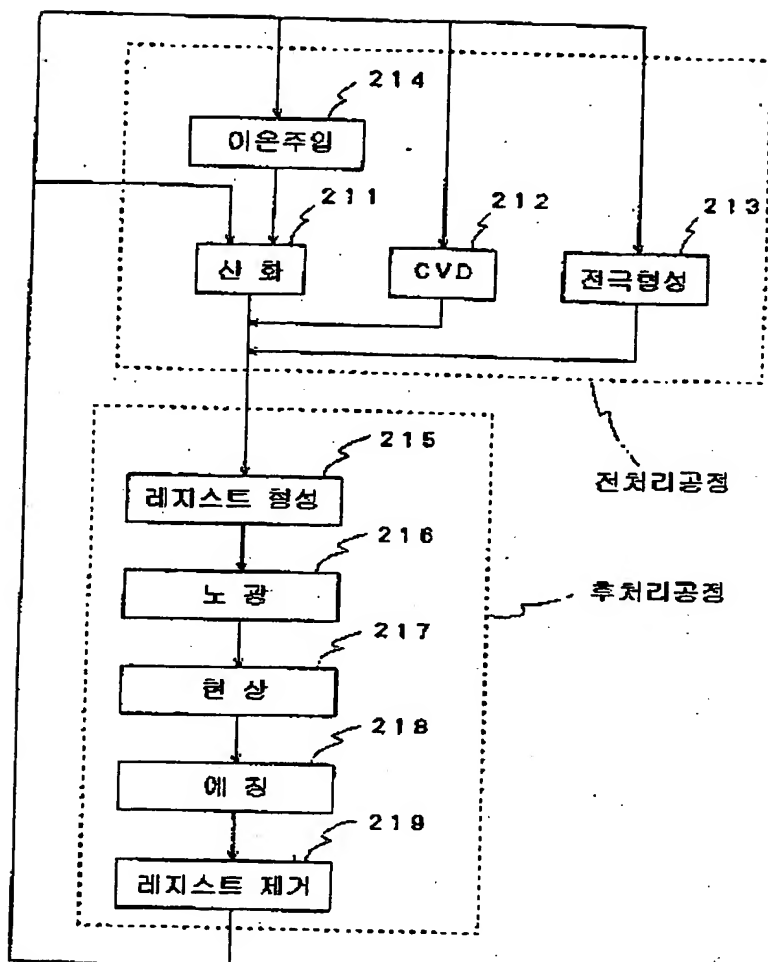
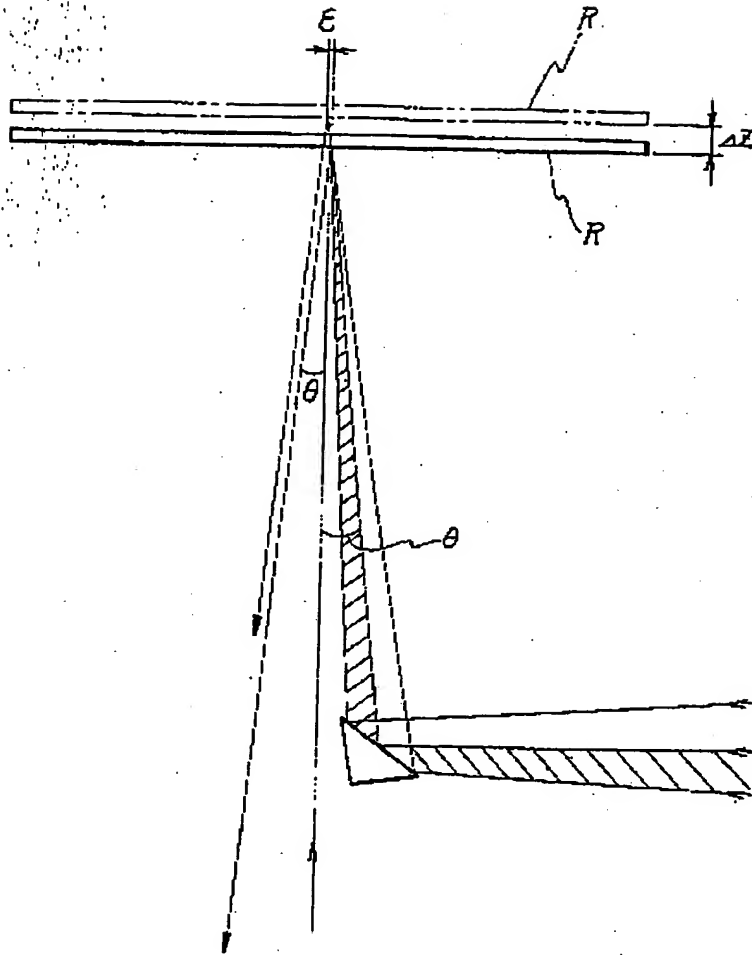


FIG. 17



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.